



SKRIPSI ME 141501

ANALISA TEKNIS PERBANDINGAN *CENTRAL COOLING SYSTEM* DENGAN *SEMI CENTRAL COOLING SYSTEM* PADA *HVAC* KAPAL PATROLI 28 METER

Dosen Pembimbing :

Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil., CEng., FIMarEST., MRINA.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA
2016



SKRIPSI ME 141501

***TECHNICAL ANALYSIS COMPARASION CENTRAL
COOLING SYSTEM WITH SEMI CENTRAL COOLING
SYSTEM ON PATROL BOATS HVAC 28 METERS***

Counselor Lecture :

Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil., CEng., FIMarEST., MRINA.

DEPARTMEN OF MARINE ENGINEERING
FAKULTY OF OCEAN TECHNOLOGY
INSTITUT OF TECHNOLOGY SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TEKNIS PERBANDINGAN CENTRAL COOLING SYSTEM DENGAN SEMI CENTRAL COOLING SYSTEM PADA HVAC KAPAL PATROLI 28 METER

SKRIPSI

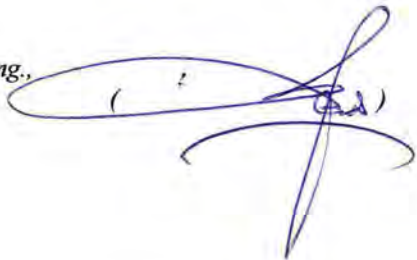
*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

Denny Indracahya
NRP. 4213 106 016

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. *Ir. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng.,
FIMarEST., MRINA*



SURABAYA
Desember, 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA TEKNIS PERBANDINGAN CENTRAL COOLING
SYSTEM DENGAN SEMI CENTRAL COOLING SYSTEM
PADA HVAC KAPAL PATROLI 28 METER**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

Denny Indracahya
NRP. 4213 106 016

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Dr. Eng M. Badrus Zaman, S.T., M.T.



SURABAYA
Januari, 2016

ANALISA TEKNIS PERBANDINGAN *CENTRAL COOLING SYSTEM* DENGAN *SEMI CENTRAL COOLING SYSTEM* PADA HVAC KAPAL PATROLI 28 METER

Nama Mahasiswa : Denny Indracahya
NRP : 4213 106 016
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil.,
CEng., FIMarEST., MRINA.

ABSTRAK

Konsumsi daya dan kebutuhan desain yang sederhana serta kenyamanan operasional pada kapal patroli menjadi salah satu pertimbangan tersendiri dalam merancang system pendingin pada kapal tersebut, pengaruh dari rancangan yang sederhana memberikan efek besar pada space ruangan akomodasi kapal patroli berukuran kecil yaitu 28 meter serta kebutuhan daya listrik juga menjadi pertimbangan yang berpengaruh pada besar kecilnya *operational cost*, ada dua jenis sistem pendingin dipertimbangkan dalam masalah efisien adalah semi central cooling system dengan central cooling system. Dari masing-masing system membutuhkan daya 13,53 kW sama dengan 18,13 PK. Berdasarkan data dan perhitungan kebutuhan daya didapat spek untuk central cooling system 15,4,kW total power pendingin kapal patroli, pada semi central cooling system menggunakan ac stand berjumlah 4 kapasitas tiap ac stand 3,8 kW total 15,2 kW daya untuk. Berdasarkan perhitungan loses friction ducting central cooling 0,065 kW pada semi central cooling system 0,049.

Kata kunci: *Central Cooling, Semi Central Cooling, Kw.*

TECHNICAL ANALYSIS COMPARASION CENTRAL COOLING SYSTEM WITH SEMI CENTRAL COOLING SYSTEM ON PATROL BOATS HVAC 28 METERS

Student Name : Denny Indracahya
NRP : 4213 106 016
Departement : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Supervisors : 1. Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil.,
CEng., FIMarEST., MRINA.

ABSTRACT

Power consumption of the design simple and comfort on patrol boats operational be one of its own consideration in designing cooling system in the ships , the influence of the simple have the effect of large on space accommodation patrol boats room small scale the 28 m and electrical power also needs into consideration that affects the size of operational cost , there are two types of a cooling system considered in trouble efficient is spring central cooling system with central cooling system . In every system needs of 13,53 kW equal to 18,13 PK .Based on data and requirement calculation of obtained spesification to central cooling system 15,4 kW total power air patrol boats , in spring central cooling system air conditioning stands as 4 capacity every ac stands 3,8 kw total 15,2 kw power to .Based on the calculation of loses friction ducting central cooling 0,065 kw and 0,049 in semi central cooling system.

Keywords: Central Cooling, Semi Central Cooling, Kw.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya Tugas Akhir ini yang berjudul **“Analisa Perbandingan Teknis Central Cooling System dengan Semi Central Cooling System pada HVAC Kapal Patroli 28 Meter”** dapat diselesaikan sesuai dengan harapan. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga atas bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Eng M. BadrusZaman, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan manajemen yang baik kepada mahasiswa.
2. Bapak Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang sudah banyak memberikan ilmu dan mengarahkan penyelesaian Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan support materiil dan doa dari beliau agar Tugas Akhir dapat penulis selesaikan dengan baik.
4. Teman teman mahasiswa lintas jalur jurusan Teknik Sistem Perkapalan 2013, teman-teman member dan pengurus lab *Marine Manufacture and Desain*, serta seluruh teman dari Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang terkait baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun kearah yang lebih baik. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kapal Patroli.....	7
2.2 Tentang <i>HVAC</i>	8
2.3 Faktor <i>Design</i> Pendingin	13
2.4 Sistem Pendistribusian Udara.....	14
2.5 Komponen Sistem pada HVAC di Kapal.....	17
2.6 Perancangan Sistem HVAC	22
2.7 Perhitungan Beban Kalor	23
2.8 Perhitungan Saluran Udara.....	33
BAB III METODOLOGI	43
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	45
3.2 Studi Literatur	45
3.3 Pengumpulan Data	46
3.4 Perhitungan Beban <i>Central Cooling</i> dengan <i>Semi</i> <i>Central Cooling</i> pada HVAC.....	46
3.5 Perancangan dan pemilihan sistem HVAC	46

3.6 Kesimpulan dan Saran	46
3.7 Selesai.....	47

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN..... 49

4.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	49
4.2 Pengumpulan Data	51
4.3 Perhitungan Beban Pendingin	52
4.3.1 Beban Kalor Transmisi	53
4.3.2 Perhitungan Beban Kalor Panas Infiltrasi dan Ventilasi	57
4.3.3 Beban Kalor Panas Personel	58
4.3.4 Beban Kalor Panas Penerangan (<i>Lighting</i>)	60
4.3.5 Beban Kalor Panas Peralatan/ Equipment	63
4.4 Pemilihan Spek Pompa <i>Central Cooling</i> Sistem.....	69
4.5 Pemilihan Spek AC Stand Semi <i>Central Cooling</i> Sistem.....	69
4.6 Perhitungan Saluran Udara.....	71
4.7 Perhitungan Tekanan Statis dan <i>Losses</i> pada <i>Ducting</i>	72
4.7.1 Perhitungan <i>Friction Loss Central Cooling System</i>	74
4.7.2 Perhitungan <i>Friction Loss Semi Central Cooling System</i>	77
4.8 Pemilihan Spek Fan Sistem <i>Central Cooling</i>	77

BAB V PENUTUP..... 79

5.1 Kesimpulan.....	79
---------------------	----

DAFTAR PUSTAKA 81

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Kapal patroI 28 meter.....	8
2.2	<i>Ventilation Fan</i>	9
2.3	Exhaust Fan.....	10
2.4	<i>Air Handling Unit</i>	11
2.5	<i>AC Semi Central</i>	12
2.6	Blower pada dinding kapal.....	13
4.1	Ruangan Dapur	53

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

2.1 Kecepatan Udara	22
2.2 Faktor U.....	26
2.3 Besarnya nilai LC	29
2.4 <i>Marine Equipment</i>	30
2.5 <i>Use Factor</i>	31
2.6 Kecepatan Udara	34
2.7 <i>Maximum Air Volume Flow</i>	35
4.1 Faktor U.....	55
4.2 <i>Bulkheads not bunding either main vertical zones or horisontal zones</i>	57
4.3 Beban Panas yang Diderita Ruangan	58
4.4 Nilai Panas.....	59
4.5 <i>Main Deck dan Lower Deck</i>	60
4.6 <i>Load Constant</i>	62
4.7 <i>Heat Gain From General Lighting</i>	62
4.8 <i>Main Deck dan Lower Deck</i>	63
4.9 <i>Marine Equipment</i>	64
4.10 Beban Kalor Laten.....	66
4.11 <i>Main Deck dan Lower Deck</i>	67
4.12 Total Beban Kapal Patroli 28 meter	68

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kapal patroli merupakan salah satu jenis kapal khusus yang mana digunakan untuk tujuan tertentu di dalam pengoperasiannya. Seperti diketahui terdapat beberapa jenis dari kapal patroli, dimana dari tiap jenis tersebut dibedakan menurut fungsi dan tujuannya di dalam berpatroli. Salah satu jenis kapal yang akan dibahas adalah kapal patroli yang digunakan oleh aparat kepolisian. Kapal patroli ini merupakan salah satu jenis kapal polisi yang digunakan dalam melakukan patroli dalam menjaga keutuhan wilayah kelautan perbatasan dalam hal pengamanan kapal asing yang tidak dikenal. Sehingga di dalam pembangunannya, beberapa hal dari sistem penunjang dari kapal perang ini juga perlu dirancang dengan sebaik baiknya. Dimana di dalam kapal patroli, selain membawa beberapa personal, seperti kru kapal ataupun pasukan, juga membawa beberapa peralatan elektronik dan sistem persenjataan yang sangat sensitif sekali terhadap adanya pengaruh kondisi ruangan yang ada, khususnya dari kondisi suhu dan keandalan kerja system.

Selain beberapa peralatan penting serta vital lain yang harus di jaga dalam kapal patroli yang ada, tentu juga dibutuhkan sistem lain juga yang akan menjaga kenyamanan personel dalam suatu ruangan akomodasi kapal ini, dengan menjaga kebutuhan *thermal* pada ruangan, maka sangatlah penting dalam menjaga kenyamanan *thermal* yang dibutuhkan personal pada ruang akomodasi kapal yang berpengaruh penting untuk kru kapal selama sistem pengoperasian kapal berjalan, dalam hal ini dibutuhkan suatu system pendingin ruangan atau yang disebut juga dengan *system HVAC*, sangatlah penting untuk mengaplikasikan

system tersebut mana yang sesuai dengan kebutuhan yang ada pada kapal ini.

Sistem *HVAC* (*Heating, ventilation, and Air Conditioning*) merupakan salah satu system yang ada di kapal, yang mana menyediakan ketersediaan kebutuhan udara, serta pengkondisian udara pada suhu dan kelembaban yang diinginkan. Karena Kapal patroli ini dioperasikan pada wilayah perairan Indonesia, yang memiliki suhu relatif panas, maka untuk perancangan sistem heating (pemanasan) pada ruang akomodasi ini tidak dilakukan. Sistem *HVAC* yang akan diinstal pada ruangan akomodasi kapal perang ini yaitu memberikan pendinginan pada ruangan, agar dapat memberikan kenyamanan secara *thermal* kepada personal yang ada di dalam, serta memberikan keamanan pada peralatan elektronik dari suhu dan temperature tinggi, yang nantinya akan dapat menurunkan performansi kerjanya. Selain itu adanya suatu isolasi material terhadap adanya getaran, panas, serta *noise* juga perlu diperhatikan, karena hal ini juga akan mempengaruhi besarnya energi yang dibutuhkan oleh sistem untuk mengkondisikan udara pada ruangan hingga mencapai suatu nilai tertentu. Serta dapat meminimalisir adanya panas yang masuk ke dalam ruangan, serta adanya kehilangan energi pada saat sistem bekerja. Di dalam merancang suatu sistem *HVAC* di dalam kapal perang, secara prinsip hampir sama dengan merancang system *HVAC* pada kapal niaga. Akan tetapi, pada patroli ini, system *HVAC* yang akan dirancang yaitu dengan menggunakan dua pilihan antara *central cooling* dengan *semi central*. Dimana pada *central cooling* menggunakan satu sumber untuk menyuplai kebutuhan semua pendinginan pada ruang akomodasi dibanding dengan *semi central* yang systemnya menggunakan beberapa sumber dan bias diletakkan sesuai kemauan pengguna tetapi juga butuh tempat ekstra agar *system semi central* ini dapat terpasang dan sesuai dengan

penataan yang rapih. Disini maka diperlukanlah beberapa pertimbangan-pertimbangan agar pemilihan system pendingin yang digunakan dalam kapal patroli lebih efektif.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dalam perancangan sistem *HVAC* di kapal patroli, tentunya tidaklah sama seperti saat merancang sistem *HVAC* di kapal niaga, meskipun untuk standart yang digunakan relatif sama, akan tetapi di dalam aplikasi perancangannya nanti akan terdapat perbedaan diantara keduanya. Dimana di dalam kapal patroli tidak hanya faktor kenyamanan personal saja yang diperhatikan, akan tetapi faktor keamanan peralatan peralatan elektronis yang ada di dalamnya juga perlu dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perancangan sistem. Beberapa hal yang dimaksud tersebut diantaranya bagaimana dalam merancang sistem *HVAC* nanti bisa memberikan suatu suplai udara dan kondisi ruangan yang nyaman, baik pada saat kapal beroperasi secara normal, berpatroli, maupun pada saat keadaan emergency misalnya. Sehingga sistem *HVAC* tersebut bisa berfungsi sebagaimana fungsinya, yaitu menyediakan suatu pengkondisian udara dengan nyaman (pada temperature tertentu) dan dapat menuplai udara ke dalam ruangan akomodasi di dalam kapal agar digunakan secara efektif.

Dari sini dapat disimpulkan permasalahan utama yang akan dibahas oleh penulis di dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut:

- ✓ Bagaimana perancangan dari sistem *HVAC* yang baik di dalam menjaga nyaman personal di dalam kapal, serta Memberi nilai keefektifan pada pemilihan system *HVAC* yang akan digunakan antara *system central cooling* dengan *semi central cooling*

1.2 BATASAN MASALAH

Dari permasalahan yang harus diselesaikan, maka perlu adanya pembatasan masalah serta ruang lingkupnya agar dalam melakukan analisa nantinya tidak melebar dan mempermudah dalam melakukan analisa, batasan masalah tersebut antara lain adalah :

1. Objek yang dikaji hanya terbatas pada perencanaan sistem ventilasi serta perencanaan sistem pengkondisian udara (*HVAC*) yang ada di dalam ruangan akomodasi kapal patroli
2. Data Kapal patroli yang digunakan
3. Sistem pendukung dan sistem control tidak diperhitungkan
4. Analisa biaya dan segi konstruksi desain diabaikan

1.4 TUJUAN PENULISAN

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa hal yang mana merupakan suatu tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam melakukan Tugas Akhir ini, Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang desain sistem ventilasi dan pengkondisian udara (*HVAC*) yang baik yang ada di dalam ruangan akomodasi kapal Patroli, melalui perhitungan.
2. Mendapatkan besarnya beban pendinginan yang dibutuhkan untuk mengkondisikan udara di ruangan akomodasi
3. Mendapatkan nilai keefektifan sistem *HVAC* yang dibutuhkan oleh kapal.

1.5 MANFAAT PENULISAN

Penulisan Tugas Akhir ini nantinya akan dapat memberikan manfaat bagi semua, khususnya dalam referensi di dalam perencanaan sistem *HVAC* di dalam kapal Patroli, adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas akhir ini antara lain:

1. Menunjang kebutuhan sistem yang melayani akomodasi pada pengembangan Kapal Patroli yang akan dilakukan
2. Memberikan suatu gambaran perhitungan sistem *HVAC* yang akan digunakan di dalam ruangan akomodasi kapal Patroli
3. Sebagai bahan referensi di dalam hal perencanaan system *HVAC* di dalam ruangan akomodasi kapal Patroli.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KAPAL PATROLI

Kapal patroli adalah kapal yang termasuk kategori kapal perang, kapal perang yaitu kapal untuk kebutuhan persenjataan dalam pertahanan, namun fungsi utama kapal patroli disini adalah berfungsi sebagai media operasi yang digunakan aparat kepolisian (polisi air) untuk menjaga keamanan wilayah perairan pada suatu wilayah dari berbagai aksi yang tidak diinginkan atau melanggar aturan kelautan yang berusaha merebut kekayaan dan keutuhan daerah perairan.

Berikut data utama kapal patroli yang digunakan dalam proses analisa :

Length Over All (LOA)	: 28,90 m
Length Water Line (LWL)	: 26,25 m
Length of Perpendicular (LPP)	: 25,05 m
Breadth (moulded)	: 5,80 m



Gambar 2.1. Kapal patrol 28 meter

1.2 TENTANG HVAC

HVAC berfungsi menjaga kondisi udara sekitar untuk melindungi alat-alat, dan kenyamanan personal dengan cara mengatur ventilasi dan pengkondisian udara.

HVAC merupakan singkatan dari *Heating, Ventilation, and Air Conditioning*. Yang mana sistem pengkondisian udara ini merupakan aplikasi dari beberapa cabang ilmu Mechanical Engineering yaitu termodinamika, mekanika fluida, dan perpindahan panas.

HVAC termasuk vital penggunaannya di beberapa industri, terutama di gedung-gedung, perkantoran yang dipenuhi peralatan komputer yang perlu dijaga kelembaban udaranya, serta industri-industri besar yang memerlukan sistem ventilasi yang baik. Berikut akan saya jelaskan lebih mendetail mengenai *HVAC*.

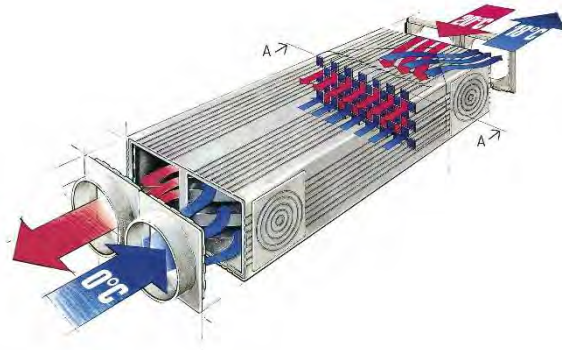
1. *Heating*

Sistem ini banyak digunakan di daerah-daerah yang beriklim dingin, yang sepanjang musim didominasi dengan suhu yang dingin. Tersusun oleh beberapa bagian penting antara lain boiler, furnace, heat pump, radiator, dan hydronic.

Furnace berfungsi sebagai sumber panas yang ditransfer ke media air bernama hydronic di boiler. Hydronic tersirkulasi berkat kerja dari heat pump, yang selanjutnya setelah dari boiler, hydronic menuju ke radiator untuk memindahkan panas yang dikandungnya ke udara yang tersirkulasi. Udara inilah yang digunakan untuk memanaskan ruangan.

2. Ventilation

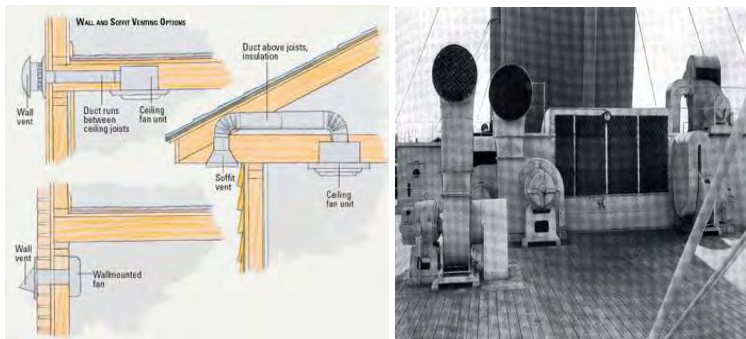
Ventilation adalah proses untuk mensirkulasikan udara di dalam suatu ruangan dengan udara luar, yang bertujuan untuk me-remove debu, kelembaban, bau-bauan yang tidak sedap, karbon dioksida, panas, bakteri di udara, serta meregenerasi oksigen di dalam ruangan. Ventilasi merupakan salah satu penerapan teori mekanika fluida.



Gambar 2.2. *Ventilation Fan*

Ada dua jenis ventilation, yaitu forced ventilation dan natural ventilation. Forced ventilation adalah sistem ventilasi yang menggunakan bantuan fan atau kipas untuk mensirkulasikan udara di dalam ruangan. Sistem ini banyak

digunakan di perindustrian besar, gedung-gedung, dan contoh yang paling dekat dengan kita adalah di dapur dan di kamar mandi. Di dapur biasanya dipasang fan untuk menghisap asap dari kompor dan dibuang keluar. Sedangkan di kamar mandi jelas digunakan untuk mengusir bau-bauan yang tidak sedap dari dalam kamar mandi.



Gambar 2.3. *Exhaust Fan*

Sedangkan untuk natural ventilation tidak diperlukan bantuan kipas untuk mensirkulasikan udara. Biasanya hanya berupa jendela yang dibiarkan terbuka di suatu ruangan.

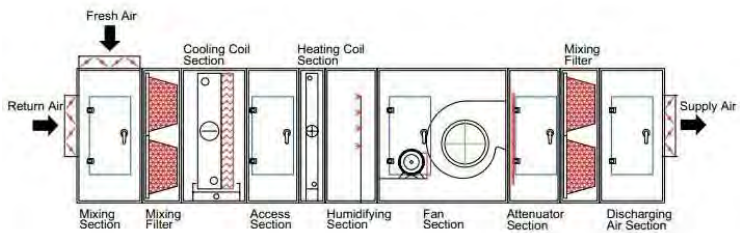
3. *Air Conditioning*

Air Conditioning (AC) menggunakan prinsip siklus mesin pendingin, yang terdiri dari beberapa bagian penting yaitu refrigerant, kompresor, heat exchanger, dan katup ekspansi.

Kalau Anda googling pasti sudah banyak yang menjelaskan bagaimana prinsip kerja dari AC. Di sini yang

perlu saya tekankan adalah adanya sedikit perbedaan antara AC yang biasa Anda gunakan di rumah, dengan AC yang digunakan di perkantoran, gedung-gedung, atau perindustrian. Ada satu media bernama liquid chiller yang digunakan.

Jadi prosesnya menjadi seperti berikut. Udara yang tersirkulasi diserap panasnya melalui heat exchanger oleh *liquid chiller* di satu komponen bernama *Air Handling Unit (AHU)*. Sedangkan panas dari *liquid chiller* diserap oleh refrigerant melalui *heat exchanger* yang lainnya. Jadi ada semacam proses pendinginan bertingkat di dalamnya.



Gambar 2.4. *Air Handling Unit*

Ada satu alasan yang kuat mengapa AC yang digunakan di kapal-kapal besar menggunakan liquid chiller. Karena udara yang bersirkulasi di dalam gedung bervolume besar, maka akan lebih jauh efisien jika menggunakan media liquid chiller sehingga energi yang dibutuhkan untuk operasional AC lebih rendah jika dibandingkan tanpa menggunakan liquid chiller.

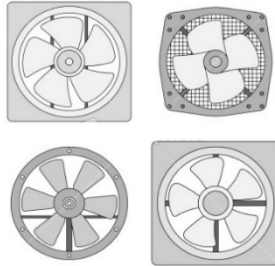
Adapun sedikit gambaran tentang AC Portabel atau *semi central cooling*, yaitu terdiri dari unit AC yang ditempatkan di lantai dalam ruangan dan pembuangan panas dengan menggunakan selang ventilasi melalui dinding eksterior. Ada banyak ragam AC diluar sana dengan beragam harga AC pula. Salah satunya adalah AC portabel. Faktanya, ukuran kecil merupakan hal yang unik dan simpel. Kecil itu indah dan nyaman yang berlaku juga untuk AC portabel. Fungsinya jelas yaitu untuk dapat dipindahkan dan bergeser dari satu tempat ke tempat lain dengan sangat mudah.



Gambar 2.5. AC Semi Central (AC Stand)

Pada kapal patroli ini menggunakan *semi central system*, yaitu dengan cara mengaplikasikan menggunakan satu ac stand yang di letakkan pada tengah ruangan dan posisinya di depan sehingga kebutuhan *thermal* tersebut langsung menyebar ke satu ruangan tersebut secara merata, untuk pembagian kebutuhan *thermal* pada setiap ruangan maka digunakan cara menggunakan blower semacam exhaust fan dengan melubangi dan memasang alat tersebut pada dinding atas setiap ruangan, sehingga dengan otomatis suhu rendah pun atau kebutuhan *thermal* yang diinginkan masuk kedalam

ruangan yang diinginkan yang bersumber dari *ac stand* yang di aplikasikan tersebut.



Gambar 2.6. *blower* pada dinding kapal

Pada dasarnya *Semi Central System* atau juga biasa disebut *ac stand* adalah suatu *air conditioner* yang hanya bersumber pada saluran listrik dan berdiri sendiri serta memberi efek *thermal* pada satu ruangan dan apabila ruangan lain membutuhkan suhu *thermal* yang sama dari ruangan tersebut maka salah satu cara yang digunakan salah dengan memberi media antara ruangan pada sumber *ac stand* dengan ruangan akan dituju, contohnya dengan memberi celah masuknya udara dengan memasang *blower* antar ruangan.

2.3 Faktor *Design Pendingin*

Dalam desain engineer harus mengerti beberapa regulasi yang berlaku baik dikeluarkan oleh pemerintah atau badan yang yang mengurus regulasi. Mengingat kapal melayani rute internasional. Dua kriteria utama dalam unjuk kerja sistem pendingin adalah capsitas dan efisiensi.

Syarat desain sistem pendingin :

1. Sempit dan terbatasnya ruang permesinan sistem pendingin yang tersedia.
2. Karena kapal selalu bergerak ke berbagai arah maka seluruh ruangan yang berada di atas garis air akan selalu terpengaruh oleh pemanasan dari sinar matahari. Berbeda dengan bangunan darat yang tidak mberubah-ubah terhadap pemanasan sinar matahari.
3. Instalasi sistem AC harus tahan korosi karena berada di lautan, sehingga pemilihan material harus sesuai untuk kapal agar tidak mudah korosi.
4. Peralatan harus selalu siap digunakan dengan kondisi kapal yang selalu bergerak dan tidak setenang bila dibanding dengan didarat.
5. Sistem AC yang dipakai di kapal harus mempunyai kehandalan yang tinggi karena di kapal dipakai secara terus menerus dan selama berlayar peralatan perbaikan dan suku cadang terbatas.
6. Kebisingan harus dipertimbangkan karena ruangan di kapal sempit dan terbuat dari baja.
7. Desain sistem harus dapat mencegah air laut masuk kapal terutama pada cuaca buruk.
8. Karena ruangan kapal yang unik maka maka lubang masuk dan keluar udara harus dipertimbangkan dengan baik.

2.4 Sistem Pendistribusian Udara (*Ducting System*)

Dalam perancangan system pengkondisian udara, maka penting juga dibahas mengenai ruangan apa saja yang dignakan dalam pengkondisian udara. Pada kapal patrol 28 meter ini, beberapa ruangan yang digunakan sebagai obyek yaitu terbatas pada ruangan akomodasi saja.

Pada dasarnya untuk melakukan perancangan system HVAC pada kapal patroli ini juga dibutuhkan beberapa indikasi dasar yang menjadi acuan penting dalam proses perhitungan beban yang dibutuhkan pada suatu ruangan, berikut indikasi yang akan dimasukkan untuk pengerjaan proses perhitungan kondisi udara yang mengacu pada kelas atau standart yang digunakan yaitu standard ISO 7547

Dalam merencanakan sistem pengkondisian udara, maka perlunya dibahas mengenai ruangan-ruangan apa saja yang digunakan untuk pengkondisian udara. Pada kapal Perang jenis corvette ini, beberapa ruangan yang digunakan sebagai obyek, yaitu terbatas pada ruangan akomodasi saja yaitu sebagai berikut:

1. Accomodation Crew Room

Adalah ruangan dari kamar kru/ awak kapal, ABK, maupun personal yang ada di dalam kapal. Di dalam ruangan ini digunakan sebagai tempat istirahat bagi personal yang ada di dalam kapal. Beberapa perkakas yang terdapat di dalam ruangan ini yaitu tempat tidur, meja baca, kursi, lemari pakaian, dll.

2. Control Room

Adalah ruangan yang digunakan untuk mengendalikan atau memonitoring berbagai kegiatan yang ada di dalam kapal, biasanya ruangan ini berada pada navigation deck atau anjungan kapal. Tetapi ada juga yang terdapat di deck yang ada dibawahnya, seperti Sonar Control Room. Ruangan ini digunakan sebagai tempat untuk mengendalikan kapal oleh para crew kapal, pada ruangan control ini termasuk juga radio room, chart rom, wheelhouse room, dll. Beberapa contoh peralatan yang terdapat di dalam ruangan ini, seperti computer dan peralatan lainnya.

Dalam melakukan perencanaan sistem HVAC di kapal patroli, standart yang digunakan sebagai penguat desain perencanaan mengacu pada standart ASHRAEE, dimana beberapa indikasi yang akan dimasukkan dalam perencanaan HVAC, di ruangan akomodasi kapal perang korvette ini adalah sebagai berikut:

1. Suhu kerja, 22°C (untuk ruangan personal) dan 16°C (untuk ruangan yang berisi peralatan elektronis kapal)
2. Kelembaban. Suhu pengembunan 2°C-17°C, dan kelembaban udara berkisar antara 40%-60%
3. Kecepatan udara rata-rata hingga 2,5m/det
4. Tekanan udara sama dengan tekanan udara normal

Rancangan Saluran Udara

Seperti yang terlihat pada gambar, pipa yang mengalirkan udara dari mesin penyegar udara ke lubang keluar, dari lubang isap ke mesin penyegar udara atau mengalihkan udara atmosfer masuk ke mesin penyegar udara, sering disebut saluran udara (ducting). Beberapa jenis dari saluran udara tersebut adalah sebagai berikut:

1. Saluran Udara Peti

Sistem saluran udara peti menghubungkan mesin penyegar udara dengan udara luar. Sistem ini sangat populer dan sering digunakan daripada sistem yang lain. Pembuatan dari sistem ini sangat mudah, pemasangannya sederhana dan tidak banyak memerlukan space yang besar di dalam kapal, sehingga biaya pemasangan akan lebih murah.

2. Sistem saluran Udara Tunggal

Seperti yang terlihat pada gambar, setiap lubang keluar dihubungkan dengan mesin penyegar udara oleh satu saluran. Sistem ini banyak dipakai pada sistem penyegaran udaran jenis daerah ganda (multi zone) atau apabila hendak dipakai

penyegar udara jenis paket yang dipasang di tengah ruangan. Dengan sistem ini pemasukan udara ke dalam ruangan melalui setiap lubang keluar dapat diatur dengan mudah. Biaya pemasangannya lebih mahal dan memerlukan ruangan yang lebih besar untuk memungkinkan penempatan saluran udara.

3. Sistem Saluran Udara Melingkar

Seperti terlihat pada gambar, sistem saluran melingkar menggunakan sebuah saluran yang menghubungkan 2 saluran utama. Sistem ini banyak digunakan dalam industri dan tempat tinggal karena sistem ini mampu mengkompensasikan ketidakseimbangan aliran udara melalui lubang isap yang terdekat pada ujung saluran, apabila jumlah udara segar yang tersedia terlalu kecil. Sistem ini sebaiknya tidak dipergunakan untuk melayani ruangan dengan beban kalor yang berbeda-beda karakteristiknya, misalnya pada bagian timur/ barat atau utara/ selatan dari bangunan.

2.5 Komponen Sistem Pada HVAC di Kapal

Perencanaan sistem HVAC bertujuan untuk mencari spesifikasi dari komponen perlengkapan sistem yang akan digunakan. Berikut ini adalah beberapa komponen yang digunakan untuk menunjang instalasi perencanaan sistem HVAC di ruangan akomodasi kapal perang:

1. Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem tata udara yang berfungsi untuk menghisap uap refrigeran dari ruang penampung uap. Ketika di dalam penampung uap, tekanannya diusahakan agar tetap rendah agar refrigerant senantiasa berada dalam keadaan uap dan bersuhu rendah. Kemudian ketika di dalam kompresor, tekanan refrigeran dinaikkan sehingga memudahkan pencairannya kembali. Energi yang diperlukan untuk kompressor diberikan oleh motor listrik

yang menggerakkan kompressor. Jumlah refrigeran yang bersikulasi dalam siklus refrigerasi tergantung pada jumlah uap yang dihisap masuk ke dalam kompressor.

2. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk pengembunan dan pencairan kembali uap refrigeran. Uap refrigeran yang memiliki tekanan dan suhu tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin (dengan udara pendingin pada sistem dengan pendinginan udara) yang ada pada suhu normal. Dengan kata lain, uap refrigeran menyerahkan panasnya (kalor laten pengembunan) kepada air dingin di dalam kondensor sehingga mengembun dan menjadi cair. Jadi karena air pendingin menyerap panas dari refrigeran, maka ia akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor. Selama refrigeran mengalami perubahan dari fasa uap ke fasa cair, tekanan (tekanan pengembunan) dan suhunya (suhu pengembunan) konstan. Kalor yang dikeluarkan dari dalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator. Uap refrigeran menjadi cair sempurna didalam kondensor, lalu dialirkan ke dalam melalui pipa kapiler/ katup ekspansi.

3. Evaporator

Tekanan cairan refrigeran yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata kedalam pipa Evaporator oleh distributor refrigeran, pada saat itu refrigeran akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Cairan refrigerant diuapkan secara berangsur-angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan, selama proses penguapan itu, di dalam pipa akan terdapat campuran refrigeran dalam fasa cair dan gas. Suhu dan tekanan penguapan dalam keadaan konstan pada saat itu

terjadi. Evaporator adalah penukar kalor yang memegang peran paling penting di dalam siklus refrigerasi, yaitu mendinginkan media sekitarnya.

4. Katup Ekspansi

Untuk menurunkan tekanan dari refrigeran cair (yang bertekanan tinggi) yang dicairkan didalam kondensor, agar dapat mudah menguap, maka dipergunakan alat yang dinamakan katup ekspansi atau pipa kapilar. Katup ini dirancang untuk suatu penurunan tekanan tertentu. Katup ekspansi yang dapat dipergunakan adalah katup ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigeran yaitu agar derajat super panas tiap refrigeran di dalam evaporator dapat diusahakan konstan.

5. Refrigeran

Refrigeran memiliki perananan sangat penting bagi mesin penyegar udara, sehingga dalam memilih jenis refrigeran haruslah yang paling sesuai dengan jenis kompressor yang dipakai, dan karakteristik termodinamikanya yang antara lain meliputi suhu pengembunan dan tekanan pengembunan.

6. Chilled Water Air Conditioning

Tipe sistem ini sangat cocok sekali digunakan pada bangunan luas termasuk kapal perang, yang mana memiliki banyak dok. Sistem Chilled water ini sangat cocok sekali digunakan jika pada satu bangunan terdapat beberapa area batas pendingin yang berbeda-beda pada setiap ruangan. Sistem ini sama dengan AC Central yaitu terdiri dari beberapa unit penting seperti kompressor, kondensor, katup ekspansi serta evaporator yang ditampung dalam satu tempat. Fluida refrigerant yang dialirkan mempunyai temperatur rendah. Pada Chilled Water Plant, refrigerant pertama-tama

digunakan untuk mendinginkan air, yang digunakan untuk mendinginkan udara ruangan. Temperatur air pendinginan ini 40-45°F, hingga dipompa pada Air Handling Unit. Setelah melewati evaporator, refrigerant ini dipompa pada Air Handling Unit yang diinstal pada setiap dek kapal. Air Handling Unit ini terdiri dari koil pendingin, koil pengalir serta blower.

Air pendinginan (chilled water) ini nantinya akan dipompa pada tiap-tiap Air Handling Unit. Air Handling Unit ini terdiri dari koil pendingin, blower dan saluran udara. Air pendingin akan mengalir melalui koil pendingin. Blower akan menghisap udara terusan dari ruangan. Lalu udara tersebut akan melewati koil pendingin untuk mendapatkan kondisi temperature dan menyalurkannya pada setiap ruangan.

7. Air Handling Unit

Sesuai dengan fungsinya, AHU adalah seperangkat alat yang dapat mengontrol suhu, kelembababn, tekanan udara, tingkat kebersihan (jumlah partikel/ mikroba), pola aliran udara, jumlah pergantian udara dan sebagainya, di ruang produksi sesuai dengan persyaratan ruangan yang telah ditentukan. Unit/ sistem yang mengatur tata udara ini disebut AHU (Air Handling Unit). Disebut “unit”, karena AHU terdiri dari beberapa alat yang masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Aat yang dimaksud yaitu:

1. Cooling cool

Cooling cool (evaporator) berfungsi untuk mengontrol suhu dan kelembababn relatif udara yang akan didistribusikan ke ruangan produksi agar dapat dihasilkan output udara sesuai dengan spesifikasi ruangan yang telah ditetapkan.

2.Static Pressure Fan (Blower)

Blower adalah bagian dari AHU yang berfungsi untuk menggerakkan udara di sepanjang sistem distribusi udara yang terhubung dengannya.

3.Filter

Filter adalah bagian dari AHU yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengontrol jumlah partikel dan mikroorganisme yang mengkontaminasi udara yang masuk ke dalam ruang produksi.

4.Ducting

Ducting adalah bagian dari AHU yang berfungsi sebagai saluran tertutup tempat mengalirnya udara.

5.Dumper

Dumper adalah bagian dari ducting AHU yang berfungsi untuk mengatur jumlah udara yang dipindahkan ke dalam ruangan produksi.

8.Fan (Kipas Udara) dan Blower

Fan dan Blower adalah komponen dalam sistem udara yang aman berfungsi untuk menyalurkan udara luar untuk masuk ke dalam ruangan. Pada kapal fungsi dari kedua alat ini digunakan untuk mensuplai udara luar sehingga dapat masuk di dalam kapal, selain itu kipas udara disini juga berfungsi sebaliknya, yaitu mengeluarkan udara balik dari ruangan yang ada di dalam kapal untuk dapat dikeluarkan ke udara bebas.

Ventilator ini merupakan komponen sistem HVAC yang digunakan sebagai tempat keluar masuknya udara yang didistribusikan, baik udara yang dibuang keluar atau udara balik, maupun udara yang akan dimasukkan di dalam ruangan-ruangan, yang dihisap oleh sebuah kompressor .

Ventilator ini terdiri dari berbagai jenis bentuk lubang keluaran, seperti jenis sudu, nosel, serta punka (banyak diaplikasikan pada kapal).

Berikut adalah contoh kecepatan udara keluar yang disarankan pada jenis lubang keluar ventilator.

Aplikasi	Kecepatan Keluar (m/s)
Tempat tinggal, apartment, kamar tidur	2,5-3,75
Studio siaran radio	1,5-2,5
Gedung Umum	5,0-6,25
Gedung Bioskop	5,0
Gedung Lantai atas	7,5
Gedung Lantai Utama	10,0
Kantor pribadi	2,5-3,75

Tabel 2.1. Kecepatan Udara

2.6 Perancangan Sistem HVAC

Persyaratan HVAC pada kapal tergantung dari data spesifik yang harus dikumpulkan sebelum perhitungan dilakukan. Adapaun data-data menurut ISO 7547 adalah sebagai berikut :

1. Temperatur musim panas :
 - Outdoor air 35°C dan 70% Hummadity
 - Indoor air 27 °C dan 50% Hummadity
2. Temperatur musim dingin :
 - Outdoor air -20°C
 - Indoor air 22 °C

Dalam merencanakan sistem pengkondisian udara dan ventilasi pada kapal patroli ini tentu terdapat beberapa hal

yang merupakan suatu dasar acuan di dalam perhitungan perancangan dimana hal ini nantinya yang akan dikerjakan didalam perhitungan besarnya system atau daya yang dibutuhkan yang akan digunakan dalam pengkondisian ruang akomodasi di dalam kapal patroli ini, diantaranya yaitu :

- Besarnya beban kalor yang dibutuhkan oleh system tersebut
- Menentukan banyaknya jumlah udara penyegar yang dibutuhkan didalam proses sirkulasi udara dalam ruangan kapal
- Menentukan besarnya losses pada saluran udara yang bertujuan sebagai pembanding antara system semi dan central

2.7 Perhitungan Beban Kalor

Dalam perancangan sistem pengkondisian udara di dalam ruangan, perhitungan beban kalor merupakan salah satu tahap yang harus dilakukan, karena perhitungan beban kalor digunakan untuk mengetahui besarnya energi kalor yang ada sehingga nantinya dapat dilakukan suatu perhitungan selanjutnya untuk menentukan besarnya beban pendinginan yang dibutuhkan oleh mesin pendingin dalam mengkondisikan udara hingga pada suhu temperature yang diinginkan.

Beban Kalor ini terdiri atas beban kalor ruangan dan beban kalor alat penyegar udara yang ada dalam ruangan. Jika temperature udara didalam ruangan yang diinginkan adalah $T_r^{\circ}\text{C}$ dan temperature udara penyegar masuk adalah $T_a^{\circ}\text{C}$, maka jumlah udara penyegar yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$G = \frac{H_s}{(T_r - T_a) \times 0.24} \text{ (kg/jam)}$$

Dimana:

H_s = Beban kalor sensible ruangan (kcal/jam)

T_a = Temperatur udara penyegar ($^{\circ}\text{C}$)

$$\begin{aligned} Tr &= \text{Temperatur udara dalam ruangan } (^{\circ}\text{C}) \\ G &= \text{Berat udara yang dimasukkan (kg/jam)} \\ &= \frac{\text{Aliran udara penyegar (m}^3\text{/jam)}}{\text{Volume spesifik udara (m}^3\text{/kg)}} \end{aligned}$$

Beban Kalor Ruangan

Komponen beban kalor ruangan terdiri dari:

1. Kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (Beban kalor perimeter), terdiri dari:
 - a. Beban Kalor panas Transmisi
 - b. Beban Kalor panas Ilfiltrasi dan ventilasi di dalam ruangan
 - c. Beban Kalor karena radiasi matahari
2. Kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (Beban Kalor Interior), terdiri dari:
 - a. Beban Kalor panas Personal
 - b. Beban Kalor panas penerangan
 - c. Beban Kalor panas dari peralatan-peralatan/ equipment yang ada di kapal

A. Beban Kalor Panas Transmisi

Beban Kalor panas transmisi adalah beban kalor akibat adanya perbedaan temperatur antara didalam ruangan akomodasi kapal dengan temperatur di luar kapal. Perhitungan beban kalor transmisi ini dapat menggunakan rumus sebagai berikut: (Penyegar Udara, Wiranto Arismunandar dan Heizo Saito)

$$H_{sa} = U \cdot A \cdot (t_0 - t_1)$$

Dimana:

U = Koefisien perpindahan kalor total (W/m².K)

A = Luas permukaan bidang kerja (m²)

t₀-t₁ = perbedaan suhu luar dan dalam (K)

Konstruksi Dinding adalah sebagai berikut:

Nilai dari U adalah (overall Heat Transfer) rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{x^2}{fu} + \frac{x1}{K1} + \frac{x2}{K2} + \dots + \frac{1}{f1}$$
$$U = \frac{1}{R}$$

Dimana:

K = konduktivitas thermal dari material (W/moK)

X = tebal material (m)

fu = koefisien konveksi sisi luar (W/m2K)

f1 = koefisien konveksi sisi dalam (W/m2K)

Nilai dari ΔT = (T1-T2)

Nilai U dapat dipengaruhi oleh Bahan yang digunakan untuk sekat

S p a c e	C o n s t r u c t i o n c l a s s	Materialthickness (m)			Thermal conductivity coeeficient k(w/m K)			U
		s t e e l	r o c k w o o l	F i b e r g l a s s	S t e e l	r o c k w o o l	F i b e r g l a s s	
R o o m - r o o m	A - 0	0 . 0 3	0 . 0 1	0. 0 1	5 5	0 . 0 2 7	0 . 0 4	1.6 10 52
	A - 1 5	0 . 0 4	0 . 0 5	0. 0 1	5 5	0 . 0 4	0 . 0 4	0.4 28 44

b u l k h e a d						2 4		
	A - 3 0	0 . 0 1	0 . 0 5	0. 0 1	5 5	0 . 0 2 4	0 . 0 4	0.4 28 54
	A - 6 0	0 . 0 1	0 . 0 7 5	0. 0 1	5 5	0 . 0 2 7	0 . 0 4	0.3 30 26
	B - 0	0 . 0 1	0 . 0 6	0. 0 1	5 5	0 . 0 3 3	0 . 0 4	0.4 83 47
	B - 1 5	0 . 0 1	0 . 0 3	0. 0 1	5 5	0 . 0 1 3 5	0 . 0 4	0.4 04 46
	C	0 . 0 1	0 . 0 5	0. 0 1	5 5	0 . 0 3 3	0 . 0 4	0.5 66 47

Tabel 2.2. Faktor U

B. Beban Kalor Panas Infiltrasi dan Ventilasi

Perembesan (infiltrasi) adalah masuknya udaran luar tanpa kendali yang disebabkan oleh gaya-gaya ilmiah, misalnya angin dan daya apung akibat perbedaan suhu antara dalam dan luar ruangan. Sedangkan ventilasi didefinisikan sebagai udara yang dibawa masuk ke dalam ruangan dengan sengaja secara mekanik. Tentu aja udara yang dimasukkan tersebut harus juga dikeluarkan dengan cara alamiah yaitu ekfiltrasi atau secara mekanis.

Dimana besarnya beban kalor panas infiltrasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$H_{sc} = G_{sf} \times A$$

Dimana:

Hsc = Besar Beban Kalor (Btuh)

Gsf = Glass Solar Faktor (Btu/hr.ft²)

A = Luas Jendela/ ventilasi (ft²)

C. Beban Kalor Panas Personal

Beban kalor panas personal adalah beban kalor yang berasal panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia pada saat melakukan kegiatan atau aktifitas tertentu di dalam kapal. Besarnya beban kalor yang dihasilkan berbeda-beda satu sama lain, tergantung dari jenis aktifitas yang dilakukan. Sehingga dari sisi panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia nantinya juga akan mempengaruhi besarnya beban pendinginan yang dibutuhkan untuk mengkondisikan ruangan. Komponen dari panas ini berasal dari panas sensible maupun dari panas latennya. Besarnya beban kalor personal ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus: (Diktat Pengaturan Udara & Sistem Pendingin, Alam Baheramsyah dan Made Ariana)

$$H_{ps} = (H_{ds} \times n) + (H_{dl} \times n)$$

Dimana:

Hps = Besar kalor personal (Btuh)

Hds = Besar Kalor Sensible

Hdl = Besar Kalor Laten

n = jumlah orang/ personal

Berikut adalah tabel dari nilai panas/ kalor untuk setiap aktifitas di dalam ruangan:

D. Beban kalor panas Penerangan (Lighting)

Penerangan sering adalah satusatunya beban internal yang terbesar, maka perlu diperhitungkan sebaik-baiknya dalam memperhitungkannya. Pemancaran kalor dari penerangan merupakan bentuk energi radiasi, bukan beban yang diperoleh segera bagi sistem pengkondisian udara. Energi radiasi dari lampu pertama-tama diserap oleh dinding lantai, dan peralatan-peralatan di dalam ruangan hingga suhunya naik dengan laju yang ditentukan oleh massanya. Oleh karena itu suhu permukaan benda-benda tersebut naik di atas suhu udara. Maka dari permukaan-permukaan tersebut kalor dikonveksikan sehingga akhirnya menjadi beban bagi sistem pendinginan.

Rumus untuk menghitung besarnya beban kalor pada penerangan adalah sebagai berikut:

$$Q_{el} = W \cdot F_u \cdot F_b \cdot CLF$$

Dimana:

Q_{el} = Beban kalor penerangan

W = Besar daya lampu

F_u = Faktor penggunaan lampu yang terpasang

F_b = Faktor ballast, untuk lampu fluerence biasanya = 1,2

CLF = faktor beban pendinginan

Jika pada suatu ruangan tidak diketahui jenis dari lampu yang digunakan, maka besarnya beban kalor panas penerangan juga dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{el} = A \cdot LC$$

Dimana:

A = Luasan dinding ruangan (sq.ft)

LC = Faktor Beban Konstan dari tiap masing-masing ruangan.

Besarnya nilai LC sebagaimana diperlihatkan table berikut:

Ruangan	Beban Konstan
Passanger Stateroom	7
Captain & Chief Engineer Stateroom	7
Officer Stateroom	4
Crew Stateroom	4
Mess Rooms, Lounges & Public Spaces	9
Offices	7
Other Space	7

Tabel 2.3. Besarnya nilai LC

E. Beban Kalor Panas Peralatan/ Equipment

Beban peralatan adalah kalor sensible dan laten yang ditimbulkan oleh peralatan yang terdapat di dalam ruangan. Ruangan yang dikenakan oleh beban ruangan antara lain gallery, pantry, laundry, radio room, wheelhouse, resistor house, dock machinery compartment, dan ruangan-ruangan khusus seperti computer room atau engine control room.

Rugi Kalor Peralatan

Rugi kalor peralatan harus berdasarkan kerugian yang aktual. Antara lain yang terdapat pada “ASHRAE Handbook of Fundamental”. Berikut ini adalah data kerugian untuk tipe “marine equipment”:

Equipment	Maksimum Qsd	Maksimum Qld
Clothes dryer, electric	4400	
Clothes Washer	1300	
Coffee Maker	6500	2000
Coffee Warmer	230	70
Combination stem cooker/kettle, electric	33500	17500
Dish washer	1120	580
Fry kettle	Electric	13500
Garbage Disposer	1120	
Iron Electric	3400	
Meat Slicer	3400	
Mixer Electric	1120	580
Oven Electric	13500	6900
Range Electric	24700	12700
Refrigerator	1300	
Toaster	2230	1970
Engine Control	8200	
Komputer Unit	3400	
TV	3400	
Printer	3400	
Radar Equipment	24700	12700
Radio Equipment	3400	

Tabel 2.4. *Marine Equipment*

Semua rugi peralatan yang diasumsikan harus dihitung ulang saat data rugi kalor diketahui dengan rumus:

$$Q_s = Q_{ud} \times UF \times HF$$

$$Q_l = Q_{ld} \times UF$$

Dimana:

Q_s = beban kalor sensible peralatan (Btuh)

Q_l = beban kalor laten peralatan (Btuh)

Q_{sd} = rugi kalor sensible dari peralatan (Btuh)

Q_{ld} = rugi kalor laten dari peralatan (Btuh)

UP = “use” faktor

HF = “hood” faktor (gunakan nilai 0,5 untuk beban kalor sensible dimana sebuah “exhaust hood” ditempatkan di atas peralatan. Untuk beban kalor laten bernilai 0 (nol). Untuk “exhaust hood” pada beban kalor laten yang tidak diletakkan di atas peralatan bernilai 1,0)

Space	Use Factor
Cargo gear equipment room	0.5
Computer room	1.0
Engine control room	1.0
Fan room	1.0
Gallery	0.5
Gyro Equipment room	0.5
Pantry	0.5
Radar equipment rom	0.5
Radio room	0.3
All other spaces	0.3

Tabel 2.5. *Use Factor*

Kebutuhan Udara

Jumlah udara yang diperlukan untuk proses pendinginan pengkondisian udara, dapat dihitung jika diketahui beban

kalor sensible ruangan dengan rumus: (Penyegar Udara, Wiranto Arismunandar dan Heinz Sato)

$$G = \frac{H_s}{0.24 (t_r - t_a)}$$

Dimana:

G = berat udara yang dimasukkan (kg/jam)

H_s = Beban kalor sensible ruangan (kcal/jam)

t_a = temperatur udara masuk ruangan ($^{\circ}\text{C}$)

t_r = temperatur udara ruangan ($^{\circ}\text{C}$)

dengan demikian dapat dihitung volume udara masuk ruangan, yaitu

$$Q = v.G$$

Dimana :

Q = volume udara masuk ruangan (m^3/jam)

V = volume spesifik udara masuk (m^3/kg)

Selain itu dapat menggunakan rumus:

$$Q = H / p c_p (t_a - t_r)$$

Dimana:

Q = Laju Aliran Udara (m^3/s)

H = Beban Pendinginan (W)

c_p = specific heat capacity of air (J/kg K)

t_a = temperatur udara masuk ruangan ($^{\circ}\text{C}$)

t_r = temperatur udara ruangan ($^{\circ}\text{C}$)

p = massa jenis udara (kg/m^3)

Berikut ini adalah rumus untuk mengetahui banyaknya penggantian udara yang dilakukan pada ruangan tersebut:

$$x = \frac{Q}{V}$$

Dimana :

N = jumlah penggantian udara (kali/jam)

V = volume ruangan

2.8 Perhitungan Saluran Udara

Setelah perencanaan system pendingin selesai yang didapatkan nilai seberapa besar beban pendingin yang di butuhkan maka langkah selanjutnya adalah perencanaan system ducting, dimana ducting digunakan untuk menyalurkan udara yang sudah di dinginkan oleh mesin pendingin ke ruangan yang telah direncanakan sebelumnya, dalam penggunaan ducting dapat digunakan ducting yang berbentuk lingkaran ataupun dalam bentuk kotak. Dalam perencanaan kali ini digunakan system ducting berbentuk kotak, karena dalam penempatan ruangan lebih mudah dan mudah di dapatkan dalam pasaran.

A. Tekanan Statik dan Tekanan Dinamik

Perhitungan tekanan pada sistem saluran udara umumnya hampir sama dengan perhitungan tekanan pada sistem perpipaan air, akan tetapi disini terdapat perbedaan yaitu perhitungan suku-suku yang mengandung z (energy potensial per satuan berat). Dapat diketahui dengan rumus:

$$p_1 + \frac{1}{2g} V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2g} V_2^2 + \Delta P_c$$

Atau dapat menggunakan rumus:

$$\Delta p = (0.109136 Q^{1.9}) / d_e^{5.02}$$

Dimana:

Δp = Gesekan (head or pressure loss) (inches water gage/100 ft of duct)

d_e = Diameter equivalent pada ducting (inches)

Q = laju aliran udara/ debit (cfm)

B. Kecepatan Udara

Dalam merencanakan saluran ducting, maka perlu diperhatikan masalah berapa kecepatan udara yang mengalir pada saluran tersebut. Besarnya kecepatan udara yang mengalir, dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_a = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Dimana:

V_a = kecepatan udara (m^2/s)

Q = debit udara (m^3/s)

A = Luasan penampang ducting (m^2)

D = diameter ducting (jika berbentuk bulat) (m)

Type of duct	Comfort systems	Industrial systems	High speed systems
Main ducts	4-7 m/s	8-12 m/s	10-18 m/s
Main branch ducts	3-5 m/s	5-8 m/s	6-12 m/s
Branch ducts	1-3 m/s	3-5 m/s	5-8 m/s

Tabel 2.6. Kecepatan Udara

Ukuran Saluran Udara

Penentuan ukuran ducting dapat diketahui dengan rumus:

$$A = \frac{Q}{v}$$

Berikut ini adalah tabel yang menyediakan ketentuan ducting yang digunakan untuk setiap kondisi udara yang berbeda:

Maximum Air Volume Flow (m³/s)										
Duct diameter	Area (m²)	Comfort systems			Industrial systems			High speed systems		
		Maintenances	Secondary ducts	Conducting ducts	Maintenances	Secondary ducts	Conducting ducts	Maintenances	Secondary ducts	Conducting ducts
		Speed (m/s)								
		5.5	4	2	10	6.5	4	14	9	6.5
		63	0.003	62	45	22	112	73	45	157
80	0.005	99	72	36	181	118	72	253	163	118
100	0.008	155	113	57	283	164	113	396	254	164
125	0.012	243	177	88	442	287	177	618	399	287

1 6 0	0 . 2 0	3 9 8	2 8 9	1 4 5	7 2 3	4 7 0	2 8 9	1 0 3	6 5 1	4 7 0
3 0 0	0 . 3 1	6 2 2	4 5 2	2 2 6	1 1 3 0	7 3 5	4 5 2	1 5 8 3	1 0 1 7	7 3 5
2 5 0	0 . 0 4 9	9 7 1	7 0 7	3 5 3	1 7 6 6	1 1 4 8	7 0 7	2 4 3	1 5 9 0	1 1 4 8
3 5 5	0 . 0 7 8	1 5 4 2	1 1 2 2	5 6 1	2 8 0 4	1 8 2 3	1 1 2 2	3 9 2 6	2 5 2 4	1 8 2 3
4 0 0	0 . 1 2 6	2 4 8 7	1 8 0 9	9 0 4	4 5 2 2	2 9 3 9	1 8 0 9	6 3 3 0	4 0 6 9	2 9 3 9
5 0 0	0 . 1 9 6	2 9 9 6	2 6 2 6	1 4 1 3	7 0 6 5	4 5 9 2	2 6 2 6	9 8 9 1	6 3 5 9	4 5 9 2
6 3 0	0 . 3 1 2	6 1 6 9	4 4 8 7	2 2 4 3	1 1 2 1 6	7 2 9 1	4 4 8 7	1 5 7 0 3	1 0 0 9 5	7 2 9 1
8 0 0	0 . 5 0 2	9 9 4 3	7 2 3 5	3 6 1 7	1 8 0 8 6	1 1 7 5 6	7 2 3 5	2 5 3 2 1	1 6 2 7 8	1 1 7 5 6
1 0 0 0	0 . 7 9 5	1 5 5 4 3	1 1 3 0 4	5 6 5 2	2 6 2 6 0	1 8 3 6 9	1 1 3 0 4	3 9 5 6 4	2 5 4 3 4	1 8 3 6 9
1 2 2	1 . 2	2 4 2	1 7 6	8 8	4 4 1	2 8 7	1 7 6	6 1 8	3 9 7	2 8 7

5	0	6	6	3	5	0	6	1	4	0
0	7	6	3	1	6	2	3	9	1	2

Tabel 2.7. *Maximum Air Volume Flow*

Perhitungan lain yang digunakan untuk menghitung saluran udara yaitu menghitung besarnya diameter ekuivalen. Dimana ini digunakan jika permukaan saluran ducting yang dipakai yaitu berbentuk saluran kotak.

$$d_e = 1.30 \times ((axb)^{0.625}) / (a+b)^{0.25}$$

Dimana:

d_e = diameter ekivalent (mm, inches)

a = length of major or minor side (mm, inches)

b = length of minor or major side (mm, inches)

NBC Protection System

NBC unit didesain untuk menyediakan sebuah system penyaring udara yang telah terkontaminasi, baik berupa zat nuklir, biologi, dan kimiawi. Dan diletakkan pada sebuah ruangan tertentu yang kedap udara untuk memastikan bahwa personel militer yang ada dapat terlindungi dari ancaman zat-zat nuklir, biological, dan kimiawi. Perlindungan ini berupa sebuah area yang terdiri dari tekanan yang lebih tinggi dengan kelebihan tekanan, yang mana diaktifkan dengan menggunakan sebuah katup tiup tertentu. Katup tiup ini harus memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh standart militer yang ada. Pada kapal perang biasanya alat ini diinnstal pada area pintu masuk kapal.

Perangkat sistem ini terdiri dari sistem ventilasi udara masuk dan udara keluar, perlindungan terhadap ledakan katup, penyaring udara, sebuah filter karbon aktif keamanan, serta perangkat pendistribusian udara. Sebuah alat pemurnian udara diketahui terdiri dari alat untuk pengisap, pemurni, serta pendistribusi udara luar vdi dalam satu ruang tertutup. Udara yang dimurnikan dialirkan secara terus menerus di dalam

ruangan tertutup, agar sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik. Karbon aktif yang terdapat pada NBC protection sistem digunakan pada jenis zat biologis dan atau ancaman kimiawi, pada perancangan yang digunakan sedemikian rupa sehingga zat-zat beracun tersebut dapat dikeluarkan melalui metode adsorpsi, chemisorption atau oksidasi katalitik dari aliran gas. Karbon aktif yang digunakan untuk melawan ancaman tersebut, berupa zat radioaktif, yang di sisi lain, diresapi oleh bahan tertentu sehingga adsorpsi atau pertukaran ion terjadi. Misalnya radioaktif metil iodida, yang dapat tercemar saat terjadi kecelakaan stasiun tenaga nuklir, dengan demikian dapat dihilangkan dari gas melalui aliran sirkulasi udara yang berlangsung.

- a. Perhitungan penurunan tekanan udara yang mengalir melalui saluran-saluran dan sambungan-sambungan (fitting)
- b. Perhitungan penurunan tekanan untuk merancang sistem saluran udara.
- c. Perancangan distribusi udara pada ruangan yang akan dikondisikan.

Untuk kapasitas udara yang keluar dari mesin AC adalah $67 \text{ m}^3/\text{menit}$. Dengan kecepatan udara 7.5 m/s maka besarnya saluran utama dari ducting adalah 1500 cm^2 . Dengan ukuran dari ducting adalah $(50 \times 30) \text{ cm}$.

Perhitungan losses pada ducting

Losses ducting (P_t) merupakan penjumlahan antara tekanan statik dengan tekanan dinamis.

Perhitungan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_t = P_f + P_d + P_v$$

Dimana:

P_f = kerugian tekanan karena adanya tahanan gesek.

P_d = kerugian tekanan karena adanya tahanan aliran lokal.

P_v : kerugian tekanan karena adanya perubahan kecepatan aliran.

1. Kerugian tekanan karena adanya tahanan gesek.

Kerugian ini diakibatkan karena adanya gesekan antara fluida (udara) dengan dinding-dinding ducting. Nilai dari kerugian gesek dari pipa lurus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta P_f = \lambda \times \frac{l}{De} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2$$

Dimana: λ = koefisien gesek dari pipa (asumsi menggunakan bahan besi tempa) dengan kekasaran absolut 0.25) maka kekasaran relatifnya adalah

$$\varepsilon/d = 0.25/350$$

$$= 0.0007$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

$$= \frac{6 \times 0.5}{15 \times 10^{-6}} = 333333.33$$

$$\lambda = 0.0055 \left(1 + \left(2000 \frac{\varepsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right)$$

$$\lambda = 0.03$$

$$l = \text{panjang pipa (m)}$$

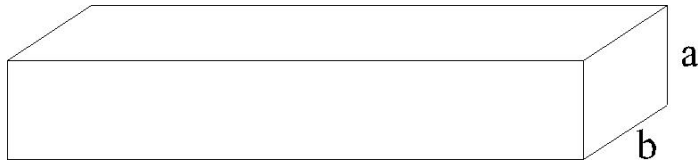
untuk saluran yang dihitung adalah panjang saluran udara yang utama (ducting utama) yaitu = 20.5 m (saluran pipa utama terpanjang)

$$De = \text{diameter ekuivalen pipa (m)}$$

$$De = \frac{4 \times \text{luas penampang}}{\text{perimeter}}$$

Untuk penampang persegi maka

$$De = \frac{4 \times ab}{2(a+b)}$$



Dimana a dan b adalah sisi-sisi dari ducting tersebut

$$De = 4 \times (35 \times 35) / (2(35 + 35))$$

$$= 35$$

V = kecepatan aliran dalam pipa (m/s) direncanakan 7.5 m/s

$$\gamma = \text{berat jenis udara (kg/m}^3 \text{) } 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/s}^2 \text{) } 9,8 \text{ m/s}^2$$

Sehingga:

$$\Delta Pf = 0.03 \times (20.5/35) \times (1,2/19,6) \times 6^2$$

$$= 0.038 \text{ kg/m}^2$$

2. Kerugian tekanan karena adanya tahanan aliran lokal.

Besar kerugian tekanan karena tahanan aliran lokal dapat dinyatakan sebagai berikut:

Untuk sambungan T, sambungan silang, penurunan aliran, pembesaran aliran

$$\Delta P_d = \xi \times \frac{V^2}{2 \times 9.8}$$

Dimana ξ = koefisien tahanan lokal pipa

Untuk sambungan T nilainya adalah 1.8

$$\Delta P_d = 1.8 \times \frac{6^2}{2 \times 9.8} = 3.4 \text{ kg/m}^2$$

Pada saluran terdapat 5 belokan siku segi empat

$$\Delta P_d = \xi \times \frac{V}{2g} \times V^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_d &= 1.2 \times \frac{1.2}{2 \times 9.8} \times 6^2 \\ &= 2.8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

3. Kerugian tekanan karena adanya perubahan kecepatan aliran.

Untuk penurunan saluran udara pada saluran 1500 cm² menjadi 900 cm²

$$P_{\text{hilang}} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

Nilai dari V_2 adalah 1500/900 V_1 maka nilai dari P hilang adalah

$$P = \frac{15/9 v_1^2 - V_1^2}{2g}$$

$$P = \frac{6/9 \times 7.5^2}{2 \times 9.8}$$

$$P = 1.9 \text{ kg/m}^2$$

Untuk penurunan saluran udara pada saluran 900 cm² menjadi 500 cm²

$$P = \frac{9/5 v_1^2 - V_1^2}{2g}$$

$$P = \frac{4/5 \cdot 7.5^2}{2 \cdot 9.8}$$

$$P = 2.29 \text{ kg/m}^2$$

$$9.80665$$

Untuk nilai penurunan tekanan total yaitu:

$$P_{\text{hilang}} = 0.035 + 3.4 + 2.8 + 1.9 + 2.29$$

$$= 10.4 \text{ kg/m}^2$$

$$= 101.9892 \text{ Pa}$$

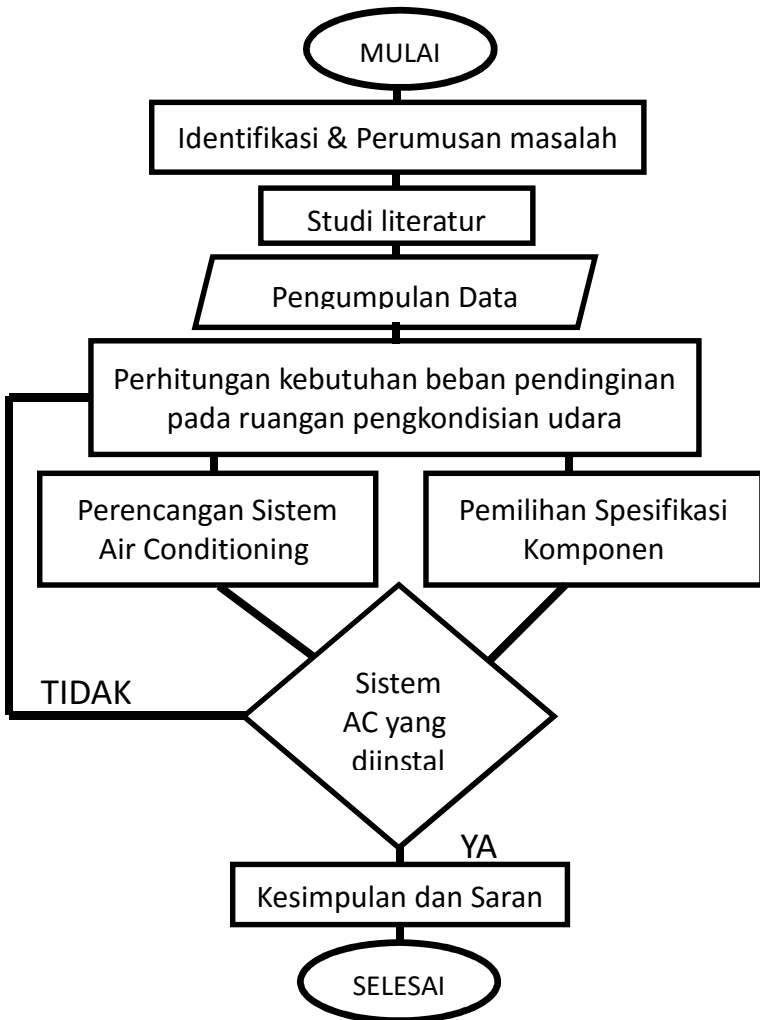
Dari spec AC yang dipilih yang tekanan maka statisnya adalah 196 Pa maka AC ini masih memenuhi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan masalah pada bab sebelumnya akan digunakan metode eksperimental. Desain eksperimen dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah. Dalam perancangan daya yang dibutuhkan maka perlu perhitungan daya terlebih dahulu, dan perlu juga untuk mengetahui data spesifikasi pada kapal yang akan digunakan dalam menganalisa, maka dari itu dibutuhkanlah langkah-langkah dalam pengerjaan analisa yang akan berlangsung.

Berikut metode yang digunakan pada analisa perhitungan beban daya :



Penjelasan *Flow Chart*

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi, perumusan masalah dan tujuan penelitian dilakukan pertama kali agar penelitian terarah dan selalu terfokus pada apa yang akan dicapai. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem *HVAC* yang efektif, dengan menghitung dan menganalisa sesuai data teknis dari kebutuhan dari kapal patrol 28 meter.

2. Studi Literatur

Pentingnya studi literatur dalam penelitian ini adalah untuk memberikan dasar, acuan ataupun wacana bagi peneliti dalam penyelesaian masalah sehingga tercapai tujuan yang telah dirumuskan sebelumnya. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan semua informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan cara pengumpulan berbagai sumber pustaka antara lain: dari buku, internet, jurnal dan wawancara yang berhubungan dengan penelitian yang meliputi perhitungan dan analisa perbandingan *central cooling* dengan *semi central cooling* pada *HVAC*.

Kegiatan diskusi juga dilakukan oleh penulis dengan pihak yang kompeten di bidangnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Diharapkan penelitian dapat dilakukan dengan benar, sehingga dapat memberi manfaat atau sedikit

pandangan terhadap perkembangan bagi dunia industri dan ilmu pengetahuan.

3. Pengumpulan Data

Pada bab ini akan dijelaskan data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan tugas akhir ini. Data-data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari data spesifikasi yang telah ditentukan *owner*.

4. Perhitungan beban *central cooling* dengan *semi central cooling* pada HVAC

Setelah mengetahui data teknis berupa ukuran utama kapal beserta daya kapal maka dapat dilakukan perhitungan untuk kebutuhan thermal yang dibutuhkan dari sistem *central cooling system* dan *semi central cooling system (portable)*.

5. Perancangan dan pemilihan sistem HVAC

Pada tahap ini dilaksanakan setelah semua perhitungan dan proses analisa benar-benar selesai dan sesuai dengan apa yang diharapkan pada tujuan analisa yang direncanakan serta diharapkan untuk memberi gambaran atau rancangan sesuai dengan perhitungan kebutuhan daya yang ada juga memberi gambaran pemilihan spesifikasi yang tepat.

6. Kesimpulan dan saran

Setelah mendapatkan hasil perhitungan beban dari *central cooling system* dan *semi central cooling*, dari hasil perhitungan tersebut, maka akan digunakan untuk pemilihan jenis dari jenis HVAC system yang akan digunakan pada kapal patrol 28 meter.

7. Selesai

Langkah terakhir dari kegiatan penelitian ini adalah memberi kesimpulan mengenai apa yang didapatkan dalam penyusunan penelitian yang dibuat beserta saran yang diberikan baik yang berhubungan dengan penelitian ini maupun penelitian lanjutan. Dan dalam tahapan akhir akan disajikan dengan bentuk presentasi mengenai apa yang ada atau dihasilkan dalam penelitian ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Di dalam perancangan suatu kapal harus di desain sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku misalnya saja perancangan system pendingin pada kapal. Dalam Kapal merupakan kumpulan berbagai sistem yang sangat komplek. Berbagai system dirancang dengan pertimbangan yang sangat rumit. Kondisi lingkungan yang selalu dinamis, korosif, luasan yang terbatas dalam kapal menjadi suatu hal yang sangat diperhitungkan pada waktu design sistem. Selain berorientasi pada pertimbangan teknis. Perancangan suatu sistem dikapal juga harus mempertimbangkan asesibilitas operator dalam menjalankan dan mengawasi kerja sistem tersebut. Hal ini sangat penting dalam kaitannya menciptakan sistem kerja yang kondusif megingat operator selalu berhubungan dengan noise, getaran dan bekerja dalam lingkungan yang sempit.kondisi seperti ini jelas sangat mempengaruhi mental operator berbagai permesianan dan perlengkapan dikapal.

Perpaduan antara pertimbangan teknik dan pertimbangan manusia dalam perancangan suatu sistem dikapal akan menghasilkan suatu desain yang optimum yang sesuai dengan aturan - aturan yang ada dan juga tanpa menninggalakan segi artnya, demikian pula diperoleh hasil yang optimal tentang hubungan antara mesin dengan mesin yang lainnya, mesin dengan manusia dan manusia dengan manusia yang lain. Sehingga dalam desainnya layak untuk dihuni oleh manusia.

Dalam perancangan sebuah sistem pendingin, hal terpenting yang harus diketahui terlebih dahulu adalah

besarnya beban pendinginan. Untuk mendapatkan besarnya beban pendinginan ruangan yang lebih tepat, harus memperhitungkan seluruh sumber kalor yang terdapat pada ruangan tersebut dan pengaruh suhu dari luar ruangan yang akan kita desain.

Dalam pengerjaan pada bab ini diperlukan analisa apa saja yang akan di kerjakan yang nantinya akan menjadi hasil dari suatu tujuan dalam pengerjaan mendetail sehingga sesuai apa yang diinginkan dalam perancangan yang tepat sesuai aturan yang ada.

Pada perancangan system HVAC di kapal patrol 28 meter diperlukan komponen-komponen apa sajakah yang harus dipertimbangkan serta beberapa aspek pendukung apa saja yang dibutuhkan yang mencakup dalam suatu system tersebut untuk mendukung pengerjaan analisa.

Serta diperlukan juga aturan atau standart class sebagai penguat desain perancangan yang mengacu pada standart ISO 7547 dan ASHRAEE, dimana beberapa indikasi yang akan dibuat dalam perancangan system HVAC pada ruang akomodasi kapal patrol 28 meter ini adalah sebagai berikut :

Persyaratan HVAC pada kapal tergantung dari data spesifik yang harus dikumpulkan sebelum perhitungan dilakukan. Adapaun data-data menurut ISO 7547 adalah sebagai berikut :

1. Temperatur musim panas :
 - Outdoor air 35°C dan 70% Hummadity
 - Indoor air 27 °C dan 50% Hummadity
2. Temperatur musim dingin :
 - Outdoor air -20°C
 - Indoor air 22 °C

4.2 Pengumpulan Data

Dalam pengerjaan perhitungan atau perancangan yang akan di bahas maka diperlukanlah data utama dari kapal yang menjadi objek perancangan yang ada, maka berikut adalah data utama dari kapal patrol 28 meter :

Length Over All (LOA)	: 28,90 m
Length Water Line (LWL)	: 26,25 m
Length of Perpendicular (LPP)	: 25,05 m
Breadth (moulded)	: 5,80 m

Tidak hanya data angka saja yang harus diperhatikan dalam langkah selanjutnya disini diperlukan juga data utama berupa gambar atau design dari kapal yang ada yaitu berupa *general arrangement*, data gambar yang ada akan mempermudah dalam mengerjakan untuk menghitung dimensi tiap ruang akomodasi pada kapal patrol 28 meter ini.

Kapal patrol ini memiliki dua deck utama dan total ruangan yang ada pada kapal ini berjumlah 16 ruangan akomodasi, ruangan inilah yang akan digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui berapa total daya atau beban yang diderita pada kapal patrol 28 meter, paada setiap deck masig- masing memiliki beberapa ruangan yang bebannya berbedabeda pastinya tergantung dimensi ruangan akomodasi yang ada, setelah mengetahui berapa beban yang diderita pada tiap ruangan akomodasi selanjutnya maka akan diketahui total kebutuhan daya yang akan digunakan sebagai acuan untuk memilih spesifikasi mesin pendingin yang akan diaplikasikan pada kapal patrol ini.

4.3 Perhitungan Beban Pendingin

Pada tahap perhitungan beban ini perlu diketahui data apa sajakah yang harus digunakan dalam menyelesaikan tahap awal perhitungan beban ini, beberapa data yang tepat sangatlah mempengaruhi pada output tahap ini yaitu menemukan tiap beban yang diderita tiap ruangan pada tiap deck yang ada, disini terdapat dua deck yang harus diselesaikan dan total ruangan yang ada yaitu 16 ruangan, berikut detail ruangan yang ada pada tiap deck :

- Main deck :
 1. Dapur
 2. Kkm room
 3. Komandan room
 4. Guest room
 5. Emergency genset room
 6. Lounge room
 7. Wheel house room
- Lower deck
 1. Ruang Tahanan
 2. Ruang ABK
 3. Laundry room
 4. First officer
 5. Second officer
 6. Third officer
 7. Ruang control
 8. Gudang dan bengkel
 9. Gudang umum

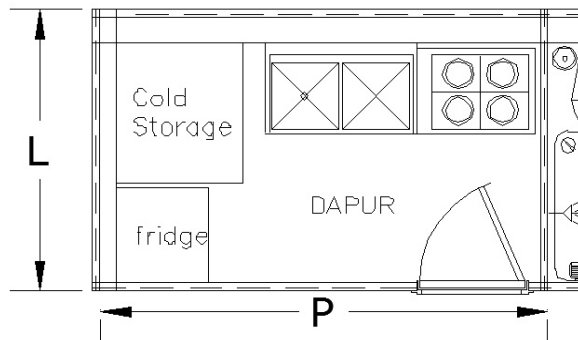
Pada langkah selanjutnya setelah mengetahui banyaknya ruangan yang akan dihitung bebannya maka langkah selanjutnya yaitu memulai terlebih dahulu untuk mengetahui dimensi utama ruangan pada tiap-tiap ruang

akomodasi setiap deck yang akan menjadi acuan perhitungan pada kapasitas yang dibutuhkan dan dijumlah

Berikut langkah perhitungan dari beberapa factor load yang telah ditetapkan class sesuai standartnya :

1.3.1. Beban Kalor Transmisi

1. Menghitung luas ruangan, hal ini untuk mengetahui panas yang diterima pada luasan tersebut : panjang x lebar = m^2
2. Mengetahui perbedaan temperature ruang luar dengan ruangan akomodasi :
 Temperatur musim panas :
 - Outdoor air $35^{\circ}C$ dan 70% Hummidity
 - Indoor air $27^{\circ}C$ dan 50% Hummidity



Gambar 4.1. Ruangan Dapur

Untuk menghitung daya yang diterima ruangan dapur ini misalnya, perlu dimensi dari ruangan tersebut, setelah mengetahui dimensi dari ruangan tersebut langkah selanjutnya dengan mencari kapasitas panas yang diterima pada ruang dapur tersebut yaitu dengan menggunakan rumus :

Beban transmisi adalah aliran kalor sensibel yang melalui ruangan yang tergantung temperatur diferensial yang melewati

permukaan-permukaan ruangan Rugi Kalor Transmisi. Dihitung dengan rumus:

$$Q = U \times A \times T$$

Dimana:

Q = aliran kalor yang melewati ruangan (Btuh)

U = koefisien heat transfer (Btuh per sq ft per °C)

A = luasan ruangan (sqft)

T = perbedaan temperatur yang melewati sekat ruangan

Berikut contoh perhitungan beban transmisi dengan menggunakan rumus diatas:

Ukuran *Dapur room* (P x L x T)= 4,2 m x 3,2 m x 2,5 m.

Konstruksi Dinding adalah sebagai berikut :

Nilai dari U adalah (***overall Heat Transfer***) rumus sebagai berikut :

$$\frac{1}{U} = \frac{x^2}{f_0} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \dots + \frac{1}{f_1}$$

Dimana:

K = konduktivitas thermal dari material (W/ m²K)

X = Tebal Material

f₀ = koefesien konveksi sisi luar (W/m²K)

f₁ = koefesien konveksi sisi dalam (W/m²K)

Nilai dari $T = (T_1 - T_2)$

Misal:

$$T_1 = 35^\circ$$

$$T_2 = 35^\circ$$

$$T = 35^\circ - 35^\circ$$

$$= 0^\circ$$

Nilai U dapat dipengaruhi oleh Bahan yang digunakan untuk sekat.

Space	Construction class	Material thickness (m)			Thermal conductivity coefficient k(w/m K)			U
		steel	Rockwool	Fiberglass	Steel	rockwool	Fiberglass	
Room - room bulk h	A-0	0.03	0.01	0.01	55	0.027	0.04	1.61052
	A-15	0.04	0.05	0.01	55	0.024	0.04	0.42844

e a d	A-30	0 . 0 1	0.05	0 . 0 1	5 5	0. 02 4	0. 0 4	0 . 4 2 8 5 4
	A-60	0 . 0 1	0.07 5	0 . 0 1	5 5	0. 02 7	0. 0 4	0 . 3 3 0 2 6
	B-0	0 . 0 1	0.06	0 . 0 1	5 5	0. 03 3	0. 0 4	0 . 4 8 3 4 7
	B-15	0 . 0 1	0.03	0 . 0 1	5 5	0. 01 35	0. 0 4	0 . 4 0 4 4 6
	C	0 . 0 1	0.05	0 . 0 1	5 5	0. 03 3	0. 0 4	0 . 5 6 6 4 7

Tabel 4.1. Faktor U

Table 9.1 – Bulkheads not bounding either main vertical zones or horizontal zones

Spaces	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Control stations (1)	B-0 ^a	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-60	A-60	A-0	A-0	A-60	A-60	A-60	A-60
Stairways (2)		A-0 ^a	A-0	A-0	A-0	A-0	A-15	A-15	A-0 ^e	A-0	A-15	A-30	A-15	A-30
Corridors (3)			B-15	A-60	A-0	B-15	B-15	B-15	B-15	A-0	A-15	A-30	A-0	A-30
Evacuation stations and external escape routes (4)					A-0	A-00 ^{b,d}	A-60 ^{b,d}	A-60 ^{b,d}	A-0 ^d	A-0	A-60 ^b	A-60 ^b	A-60 ^b	A-60 ^b
Open deck spaces (5)						A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Accommodation spaces of minor fire risk (6)						B-0	B-0	B-0	C	A-0	A-0	A-30	A-0	A-30
Accommodation spaces of moderate fire risk (7)							B-0	B-0	C	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60
Accommodation spaces of greater fire risk (8)								B-0	C	A-0	A-30	A-60	A-15	A-60
Sanitary and similar spaces (9)									C	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Tanks, voids and auxiliary machinery spaces having little or no fire risk (10)										A-0 ^a	A-0	A-0	A-0	A-0
Auxiliary machinery spaces, cargo spaces, cargo and other oil tanks and other similar spaces of moderate fire risk (11)											A-0 ^a	A-0	A-0	A-15
Machinery spaces and main galleys (12)												A-0 ^a	A-0	A-60
Store-rooms, workshops, pantries, etc. (13)													A-0 ^a	A-0
Other spaces in which flammable liquids are stowed (14)														A-30

See notes following table 9.2.

Tabel 4.2. Bulkheades bunding either main vertical zones or horisontal zones

1.3.2. Perhitungan beban kalor panas infiltrasi dan ventilasi

Yang dimaksud beban kalor ini yaitu karena adanya perembesan udara yang tidak terkontrol dari luar yang disebabkan oleh angin misalnya yang mengakibatkan bertambahnya beban panas yang diderita ruangan akomodasi akibat rembetan panas tersebut

Berikut perhitungan dari adanya beban kalor infiltrasi, yang mengacu pada rumus :

$$H_{sc} = G_{sf} \times A$$

Dimana:

Hsc = Besar Beban Kalor (Btuh)

Gsf = Glass Solar Faktor (Btu/hr.ft²)

A = Luas Jendela/ ventilasi (ft²)

No	DAPUR	Area (m ²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M ²) ↓	7.140	10	0.040	-	2.86
2	AREA (M ²) ↔	10.920	10	0.040	-	4.37
3	AREA (M ²) DB	8.840	10	0.040	-	3.54
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	2	7.00
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	125.50
7	Equipment	-	-	-	-	7509.56
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						7773.57

Tabel 4.3. Beban Panas yang Diderita Ruangan

Maka didapat nilai dari rumus yang ada yaitu sebesar 7 watt, akibat dari adanya beban kalor infiltrasi.

1.3.3. Beban kalor panas personel

Beban kalor panas personal adalah beban kalor yang berasal panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia pada saat melakukan kegiatan atau aktifitas tertentu di dalam kapal. Besarnya beban kalor yang dihasilkan berbeda-beda satu sama lain, tergantung dari jenis aktifitas yang dilakukan. Sehingga dari sisi panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia nantinya juga akan mempengaruhi besarnya beban pendinginan yang dibutuhkan untuk mengkondisikan ruangan. Komponen dari panas ini berasal dari panas sensible maupun dari panas latennya. Besarnya beban kalor personal ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus: (Diktat Pengaturan Udara & Sistem Pendingin, Alam Baheramsyah dan Made Ariana)

$$H_{ps} = (H_{dsx}) + (H_{dlx})$$

Dimana:

H_{ps} = Besar kalor personal (Btuh)

H_{ds} = Besar Kalor Sensible

H_{dl} = Besar Kalor Laten

n = jumlah orang/ personal

Berikut adalah tabel dari nilai panas/ kalor untuk setiap aktifitas di dalam ruangan:

Room D.B of	Mess Attendants&Working Spaces		All Others	
	Sensible	Laten	Sensible	Laten
75	360	440	300	300
76	345	455	290	310
77	330	470	275	325
78	315	485	265	335
79	300	500	250	350
80	285	515	240	360
81	270	530	230	370
82	255	545	215	385
83	240	560	205	355
84	225	575	190	410
85	210	590	180	420

Tabel 4.4. Nilai Panas

Maka dari rumus dan factor dari panas personel yang ada bisa didapat sebagai berikut :

BEBAN PERSONEL						
Main Deck						
no	Personnel	HDs	HDI	P	ql	qs
1	Navigasi	265	335	3	1005	795
2	Komandan	265	335	1	335	265
3	Dapur	265	335	3	1005	795
4	Lounge	265	335	1	335	265
5	Guest	265	335	3	1005	795
				Total	3685	2915
q total Main Deck					6600.00	Btu/hr

Lower Deck						
no	Personnel	HDs	HDI	P	ql	qs
1	Ruang Tahanan	265	335	5	1675	1325
2	Ruang ABK	265	335	5	1675	1325
3	1st Officer	265	335	1	335	265
4	2nd Officer	265	335	1	335	265
5	3th Officer	265	335	1	335	265
6	Ruang Kontrol	265	335	1	335	265
7	Gudang Umum	265	335	1	335	265
8	Gudang dan Bengkel	265	335	1	335	265
				Total	5025	3975
q total Lower Deck					9000.00	Btu/hr

Tabel 4.5. *Main Deck dan Lower Deck*

1.3.4. Beban kalor panas Penerangan (Lighting)

Beban pencahayaan adalah kalor sensible yang ditimbulkan oleh pencahayaan di dalam ruangan.

Rugi Kalor Pencahayaan

Ketika instalasi sistem pencahayaan diketahui, rugi kalor haruslah dihitung sesuai dengan aturan pencahayaan ruangan normal yang diterapkan untuk seluruh pencahayaan “overhead” dan “cornice” yang dikontrol dengan switch pada tembok dan ruangan

kontrol. Sebagai contoh lampu meja di kantor. Rumus untuk menghitung rugi ini adalah:

Jika desain instalasi lampu diketahui maka beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$H = IW + FW \times BF \times 3.41$$

Dimana:

H = beban pencahayaan (Btuh)

IW = daya bola lampu pijar

FW = daya bola lampu neon

BF = factor ballast 1.25

3,41 = factor konversi (Btuh per watt)

Referensi : Diktat Pengaturan Udara dan Sistem pendingin (Alam B. &Made Ariana) hal. VI.4

Ketika instalasi pencahayaan tidak diketahui, beban pencahayaan dihitung menggunakan rumus:

$$H = A \times LC$$

Dimana:

A = luasan deck (sq ft)

LC = beban konstan (Btuh/ sq ft)

Referensi : Diktat Pengaturan Udara dan Sistem pendingin (Alam B. &Made Ariana) hal. VI.4

Untuk harga L atau Load Constant sebagai berikut :

RUANGAN	BEBAN KONSTAN
Passenger staterooms	7
Captain & chief engineer staterooms	7
Officer staterooms	4
Crew staterooms	4
Mess rooms, lounges & public spaces	9
Offices	7
Other spaces	7

Tabel 4.6. *Load Constant*

Dalam ISO 7547 : 2000 Heat Gain From General Lighting

Space	Heat Gain From General Lighting (W/m ²)	Flourescent
	Incandesent	
Cabin ect.	10	8
Mess or dining rooms	20	10
Gymnasium ect	40	20

Tabel 4.7. *Heat Gain From General Lighting*

Dari ketentuan yang ada sesuai kelas yang berlaku maka didapat :

Main Deck					
Nama Ruang	Luas Ruang		L. C	q(Btuh)	q(Watt)
	A(m ²)	A(sq.feet)			
DAPUR	4.42	47.581	9	428.230	125.495
KKM ROOM	4.93	53.071	4	212.285	62.211
KOMANDAN ROOM	4.93	53.071	7	371.499	108.870
GUEST ROOM	3.57	38.431	7	269.016	78.837
EMERGENCY GENSET ROOM	1.3175	14.183	4	56.731	16.625
LOUNGE ROOM	4.08	43.921	7	307.447	90.099
Wheel House	7.5	80.737	7	565.160	165.624
Gangway	6.4	68.896	7	482.270	141.332
			Total	2692.640	789.094

Lower Deck					
Nama Ruang	Luas Ruang		L. C	q(Btuh)	q(Watt)
	A(m ²)	A(sq.feet)			
Ruang Tahanan	4.4744	48.167	7	337.167	98.809
RUANG ABK	13.2822	142.982	7	1000.877	293.313
Laundry Room	10.278	110.642	7	774.496	226.971
1st OFFICER	5.28	56.839	7	397.873	116.599
2nd OFFICER	5.28	56.839	7	397.873	116.599
3th OFFICER	5.28	56.839	7	397.873	116.599
RUANG KONTROL	5.664	60.973	7	426.809	125.079
Gudang dan Bengkel	5.664	60.973	4	243.891	71.474
Gudang Umum	1.44	15.502	4	62.006	18.171
Gangway	5.28	56.839	7	397.873	116.599
			Total	4436.738	1300.213

Tabel 4.8. *Main Deck* dan *Lower Deck*

1.3.5. Beban Kalor Panas Peralatan/ Equipment

Beban peralatan adalah kalor sensible dan laten yang ditimbulkan oleh peralatan yang terdapat di dalam ruangan.

Ruangan yang dikenakan beban ruangan antara lain galley, pantry, laundry, radio room, wheelhouse, resistor house, deck machinery compartment, dan ruangan-ruangan khusus seperti computer room atau engine control room.

- Rugi Kalor Peralatan

Rugi kalor peralatan harus berdasarkan data tentang kerugian (loses) yang actual. Antara lain yang terdapat pada “ASHRAE Handbook of Fundamentals”. Tabel 4.10 menyajikan data kerugian untuk tipe “marine equipment”.

EQUIPMENT	MAXIMUM q_{sd}	MAXIMUM q_{ld}
Clothesdryer,electric (vented to atmosphere)	4400	
Clothes washer	1300	
Coffee maker	6500	2000
Coffee warmer	230	70
Combination team cooker/kettle, electric	33500	17500
Dishwasher	1120	580
Fry kettle	electric	13500
Garbage disposer	1120	

Griddle, electric	13500	6900
Ice cuber	1300	
Iron, electric	3400	
Meat slicer, electric	3400	
Mixer, electric	1120	580
Oven, electric	13500	6900
Range, electric	24700	12700
Refrigerator (up to 20 cu ft)	1300	
Toaster	2230	1970

Tabel 4.9. *Marine Equipment*

Semua rugi peralatan yang diasumsikan harus dihitung ulang saat data rugi kalor yang actual diketahui. Yaitu dengan menggunakan rumus:

$$q_s = q_{sd} \times UF \times HF \text{ dan}$$

$$q_l = q_d \times UF$$

Dimana:

Q_s = beban kalor sensible peralatan (Btuh)

Q_l = beban kalor laten peralatan (Btuh)

q_{sd} = rugi kalor sensible dari peralatan (Btuh)

q_d = rugi kalor laten dari peralatan (Btuh)

UP = “use” faktor (lihat table 3.5)

= “hood” factor (gunakan nilai kalor sensible HF 0.5 untuk beban dimana sebuah exhaust hood ditempatkan di atas peralatan. Untuk beban kalor laten bernilai nol (0). Untuk “exhaust hood” pada beban kalor laten yang tidak diletakkan di atas peralatan bernilai 1.0

Space	Use Factor
Cargo gear equipment room	0.5
Computer room	1.0
Engine control room	1.0
Fan room	1.0
Gallery	0.5
Gyro Equipment room	0.5
Pantry	0.5
Radar equipment rom	0.5
Radio room	0.3
All other spaces	0.3

Tabel 4.10. Beban Kalor Laten

Hasil dari perhitungan yang ada :

Main Deck							
No	Komponen	qsd	qld	U.F	H.F	qs(Btu/hr)	ql(Btu/hr)
1	Coffee Maker	6500	2000	0.05	1	325	100
2	Ice Cuber	1300	0	0.05	1	65	0
3	Mixer	1120	580	0.05	1	56	29
4	TV 1	3400	0	0.3	1	1020	0
5	TV 2	3400	0	0.3	1	1020	0
6	Vent Galley	24700	12700	1	0.5	12350	12700
						14836	12829
Total						27665	Btu/hr

8107.3942 Watt/Hr

Lower Deck							
No	Komponen	qsd	qld	U.F	H.F	qs(Btu/hr)	ql(Btu/hr)
1	Coffee Maker	6500	2000	0.1	1	650	200
2	refrigerator	1300	0	0.3	1	390	0
3	Clothes Dryer	4400	0	0.3	1	1320	0
4	TV	3400	0	0.3	1	1020	0
						3380	200
Total						3580	Btu/hr

1049.1405 Watt/Hr

Tabel 4.11. *Main Deck* dan *Lower Deck*

Setelah didapat masing-masing jenis beban pada tiap ruangan di tiap deck yang ada, maka dapat diketahui beban panas yang diderita pada tiap ruangan akomodasi yang ada, setelah mengetahui tiap beban pada ruangan akomodasi maka langkah selanjutnya menjumlah total beban daya yang ada pada kapal dengan menjumlah semua beban yang telah diketahui hasilnya, dari total penjumlahan hasil tersebut maka diketahui dari kebutuhan daya keseluruhan dari kapal tersebut dan daya total tersebutlah yang akan menjadi acuan dalam pemilihan spesifikasi mesin pendingin yang akan diaplikasikan.

Berikut adalah total beban yang dibutuhkan kapal patrol 28 meter untuk pemilihan mesin pendingin :

SUMMARY			
MAIN DECK			
NO.	ROOM	Kapasitas Mesin Pendingin (KW)	Pendingin (PK)
1	DAPUR	7.77	10.42
2	KKM ROOM	0.08	0.11
3	KOMANDAN ROOM	0.49	0.65
4	GUEST ROOM	0.15	0.20
5	EMERGENCY GENSET ROOM	0.02	0.03
6	LOUNGE ROOM	0.66	0.89
7	Wheel House	0.37	0.49
		9.55	12.80
LOWER DECK			
NO.	ROOM	Kapasitas Mesin Pendingin (KW)	Pendingin (PK)
1	Ruang Tahanan	0.41	0.55
2	RUANG ABK	1.42	1.91
3	Laundry Room	0.78	1.05
4	1st OFFICER	0.25	0.34
5	2nd OFFICER	0.25	0.34
6	3th OFFICER	0.25	0.34
7	RUANG KONTROL	0.26	0.35
8	Gudang dan Bengkel	0.20	0.27
9	Gudang Umum	0.14	0.19
		3.98	5.33
TOTAL KAPASITAS MESIN PENDINGIN =		13.53	KW

Tabel 4.12. Total Beban Kapal Patroli 28 meter

Total daya yang dibutuhkan pada kapal patrol 28 meter untuk pemilihan spek pendingin adalah 13,53 KW, dan pada masing – masing ruangan terdapat daya yang paling besar kebutuhannya yaitu pada ruangan dapur, karena pada ruang tersebut banyak beban kalor yang sangat berpengaruh pada besarnya daya yang

dibutuhkan, salah satu contoh factor yang membuat beban kalor tersebut banyak adanya peralatan lebih pada ruangan dapur contohnya peralatan *coffee maker*, dan *galley vent*.

4.4. Pemilihan Spek Pompa *Central Cooling Sistem*

Pada pemilihan pompa ini parameter yang dibutuhkan yaitu daya yang dibutuhkan berddasarkan hitungan dari keseluruhan daya kapal yaitu 13,5 kW, maka diperlukan kapasitas daya diatas dari perhitungan tersebut yaitu :

Spesifikasi pompa

Merk	= SAUER	
Tipe	= WP65L	
Cilinder	= 2	
Dimensi	= 1254X742X820	mm
Berat	= 328	kg
Pressure max	= 40	bar
Power	= 15,4	kW

4.5. Pemilihan Spek AC Stand Semi *Central Cooling Sistem*

Pada pemilihan pompa ini parameter yang dibutuhkan yaitu daya yang dibutuhkan berddasarkan hitungan dari

keseluruhan daya kapal yaitu 13,5 kW, tetapi pada satuan pasar menggunakan satuan PK maka menjadi sebesar 18,13 PK total daya yang dibutuhkan untuk memilih spek AC Stand diperlukan kapasitas daya diatas dari perhitungan tersebut yaitu disini dibagi menjadi 4 AC Standing yang masing – masing dari ac tersebut memiliki kapasitas 5,1 PK dikarenakan untuk membagi daya yang ditanggung tiap ruangan yang berbeda untuk meminimalisir penggunaan ducting yang memakan dimensi yang tidak diinginkan atau tidak diperlukan dalam menjaga kebutuhan daya yang ada, maka :

- 5,1 PK x 2 :

Pada Dapur

- 5,1 pk x 1 :

Pada Gangway, untuk supply ruangan Wheel house, Lounge, Guest room, KKM room dan Komandan room.

- 5,1 PK x 1 :

Di ABK room, untuk supply ruang tahanan, laundry, ruang officer, gudang umum, ruang control dan gudang bengkel.

Spesifikasi AC

Merk	=	PANASONIC	
Tipe	=	CS-C18FFP(CU-C18FFP)	
Cilinder	=	2	
Dimensi	=	1680x600x298	mm
Berat	=	34	kg
Power	=	3,8	kW
Power	=	5,1	PK

4.6. Perhitungan Saluran Udara

Setelah perencanaan system pendingin selesai yang didapatkan nilai seberapa besar beban pendingin yang di butuhkan maka langkah selanjutnya adalah perencanaan system ducting, dimana ducting digunakan untuk menyalurkan udara yang sudah di dinginkan oleh mesin pendingin ke ruangan yang telah direncanakan sebelumnya, dalam penggunaan ducting dapat digunakan ducting yang berbentuk lingkaran ataupun dalam bentuk kotak. Dalam perencanaan kali ini digunakan system ducting berbentuk kotak, karena dalam penempatan ruangan lebih mudah dan mudah di dapatkan dalam pasaran.

- a. Perhitungan penurunan tekanan udara yang mengalir melalui saluran-saluran dan sambungan-sambungan (fitting).
- b. Perhitungan penurunan tekanan untuk merancang sistem saluran udara.
- c. Perancangan distribusi udara pada ruangan yang akan dikondisikan.

Main Duct Main + Lower Deck

$$\begin{aligned}\text{Flow rate} &= 3 \\ Q_{\text{total}} &= 0.30 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Calculation of main duct.

$$\begin{aligned}Q_{\text{total}} &= A \times V \\ \\ Q_{\text{total}} &= s^2 \times V \\ d &= \sqrt[3]{Q_{\text{total}} / V} \\ &= \sqrt[3]{0.21 / 3} \\ &= 0.316 \text{ meter} \\ &= 31.6 \text{ cm} \\ &= 316 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk kapasitas udara yang keluar dari mesin AC adalah 0,3 m³/detik. Dengan kecepatan udara 3 m/s maka besarnya saluran utama dari ducting adalah 316 mm². Dengan ukuran dari ducting adalah (7x4,5) cm.

4.7. Perhitungan Tekanan Statis dan *Losses* pada *Ducting*

Pf = kerugian tekanan karena adanya tahanan gesek.

Kerugian ini diakibatkan karena adanya gesekan antara fluida (udara) dengan dinding-dinding ducting. Nilai dari kerugian gesek dari pipa lurus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta Pf = \lambda \times \frac{l}{De} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2$$

Dimana:

λ = koefisien gesek dari pipa (asumsi menggunakan bahan besi tempa) dengan kekasaran absolut 0.25) maka kekasaran relatifnya adalah

$$\varepsilon/d = 0.25/350$$

$$= 0.0007$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

$$= \frac{6 \times 0.5}{15 \times 10^{-6}} = 333333.33$$

$$\lambda = 0.0055 \left(1 + \left(2000 \frac{\varepsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right)$$

$$\lambda = 0.03$$

l = panjang pipa (m)

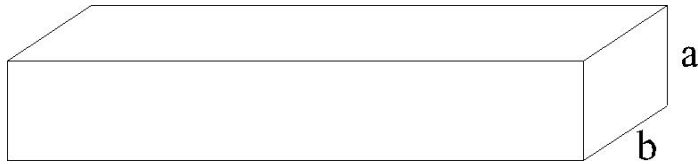
Untuk saluran yang dihitung adalah panjang saluran udara yang utama (ducting utama) yaitu = 20.5 m (saluran pipa utama terpanjang)

De = diameter ekuivalen pipa (m)

$$De = \frac{4 \times \text{luas penampang}}{\text{perimeter}}$$

Untuk penampang persegi maka

$$De = \frac{4 \times ab}{2(a+b)}$$



Dimana a dan b adalah sisi-sisi dari ducting tersebut

$$\begin{aligned} De &= 4 \times (35 \times 35) / (2(35 + 35)) \\ &= 35 \end{aligned}$$

V = kecepatan aliran dalam pipa (m/s) direncanakan 7.5 m/s

γ = berat jenis udara (kg/m³) 1,2 kg/m³

g = percepatan gravitasi (m/s²) 9,8 m/s²

Sehingga:

$$\begin{aligned} \Delta P_f &= 0.03 \times (20.5/35) \times (1,2/19,6) \times 6^2 \\ &= 0.038 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Kerugian tekanan gaya gesek inilah yang akan menjadipertimbangan untuk dijadikan perbandingan dalam menentukan system ac mana yang dipilih entah itu semi central ataupun central, dari sini akan diketahui loses yang muncul akibat gaya gesek yang ada dari mengukur panjangnya ducting yang telah dirancang dan digambar.

4.7.1. Perhitungan *Friction Loss Central Cooling System*

Berikut hasil perhitungannya dari central cooling system yang sesuai gambar yang telah dirancang berdasarkan hitungan sebelumnya dari kebutuhan beban yang ada di kapal patrol 28 meter :

We choosed diameter of main Duct following ISO standard for rectangular duct is.

We choosed diameter of main Duct following ISO standard for rectangular duct is

Calculation of losses Main Duct.

$$\Delta P_f = (1000 \times f \times L / D_{req}) \times (\rho \times v^2 / 2)$$

Where

:

P = Dencity of air.

$$= 1.184 \quad (25^\circ\text{C})$$

μ = Kinematic viscosity of air

$$= 18,413 \times 10^{-6} \quad (25^\circ\text{C})$$

ε / d = is the roughness factor.
faktor kekasaran berdasarkan material yang digunakan. Material yang digunakan adalah galvanized steel dengan faktor kekasaran 0.152×10^{-3}

$$= 0,0001524 / 0,26$$

$$= 0.000482$$

Length = Long of Main duct.

$$= 1.25 \quad \text{meter}$$

D_h = diamater of main duct.

$$= 316.18 \quad \text{mm}$$

V = velocity of air

$$= 3 \quad \text{m/s}$$

f = is the friction factor of the pipe.

to obtain the friction factor on the system must know beforehand Renold Numbers (Re) with the formula:

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= (D_h \times V) / 1000 \mu \\
 &= (1120 \times 14) / 1000 \times 15,68 \times 10^{-6} \\
 &= 5.2.E+04 \\
 f &= \text{friction loss factor} \\
 &= 0.0165
 \end{aligned}$$

Turbulent
flow
because
< 2000

Friction factor

from the data above can be seen the value of Δt , then the calculation:

$$\begin{aligned}
 \Delta P_f &= (1000 \times f \times L / D_h) \times (\rho \times v^2 / 2) \\
 &= (1000 \times 0,0123 \times 14 / 1120) \times (1,13 \times 14^2 / 2) \\
 &= 0.35 \quad \text{Pa} \\
 \Delta P_f / L &= 17,03 / 14 \\
 &= 0.12 \quad \text{Pa/m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan Friction diatas dapat diketahui seberapa besar daya yang hilang akibat gaya gesekan yang ada sesuai dengan masing —masing panjang dan dimensi ducting yang telah dirancang, contoh perhitungan diatas adalah salah satu loses yang terdapat pada main ducting, tidak hanya main ducting, branch ducting juga telah dihitung dan selanjutnya dari hasil tersebut langkah selanjutnya menjumlah semua loses

yang ada dari tiap ruangan akomodasi di tiap deck dari kapal patrol 28 meter.

4.7.2. Perhitungan *Friction Loss Semi Central Cooling System*

Berikut hasil perhitungannya dari semi central cooling system yang sesuai gambar yang telah dirancang berdasarkan hitungan sebelumnya dari kebutuhan beban yang ada di kapal patrol 28 meter :

Pada perhitungan loses semi central ini pun menggunakan rumus yang sama, dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa semi central ini memiliki tingkat loses yang lebih rendah dikarenakan sedikitnya saluran ducting yang diaplikasikan (hitungan dalam lampiran).

4.8. Pemilihan Spek Fan Sistem *Central Cooling*

Dalam pemilihan spek fan atau blower pada system central cooling in maka dibutuhkan perhitungan dari seberapa kebutuhan aliran udara yang akan disuplai masuk kedalam ruangan.

$$\begin{aligned} \text{Total Kapasitas Udara yang harus di supply di Lower Deck} &= 315,46 \text{ m}^3/\text{h} & 5,26 \text{ m}^3/\text{hr} & 0,1 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 185,807 \text{ CFM} & (1 \text{ m}^3/\text{h} = 0,589 \text{ CFM}) \end{aligned}$$

$$\text{Static Pressure sistem ducting di main deck} = 2,81 \text{ Inch H}_2\text{O}$$

Sehingga, dipilih faqn dengan spesifikasi sbb :

Model : 44-M-126DA-STAG2

Capacity : 446 CFM

Static Pressure : 2 Inch

BHP : 0.780 HP

RPM : 3450

Spesifikasi Fan

Merk	=	HARTZELL	
Tipe Fan	=	Series 44 M – 126DA – STAIG2	
CFM Total	=	446	cfm
CFM Dipilih	=	446	cfm
Jumlah	=	1	fan
Inchi Pressure	=	2	inchi pressure
Power	=	0,78	BHP
		0,58	kW

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan pembahasan pada skripsi yang berjudul tentang “Analisa Perbandingan Teknis Central Cooling System dengan Semi Central Cooling System pada HVAC Kapal Patroli 28 Meter” maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari data perhitungan yang telah dihasilkan dari kebutuhan beban bahwa dalam satu kapal patrol 28 meter ini membutuhkan kapasitas daya pendingin sebesar 15,53 kW dan masing – masing kapsitas tiap deck yaitu main deck dan lower deck mempunyai nilai kapasitas 12,8 dan 5,33 kW.
2. Pada total nilai kapasitas diatas yaitu 15,53 Kw maka didapat untuk menentukan spek yang diperlukan yang sesuai pada pasar akan adanya ketersediaan barang yang dipilih untuk diaplikasikan.
3. Untuk langkah berikutnya dilakukan perancangan system ducting dari kedua system yaitu central cooling system dan semi central cooling system, maka pada central cooling system didapat spek pompa berkapasitas 15,4 kW dan dirancang untuk mensuplai kebutuhan thermal tiap ruangan akomodasi yang mempunyai nilai loses 0,064 kW dan pada semi central cooling system didapat kapasitas total dari 4 buah Ac Stand yang berkapasitas total 15,2 kW masing – masing 3,8 kW untuk kapasitas daya tiap satu AC Stand, dan

Ac Stand dibuat ducting sehingga juga memenuhi kebutuhan thermal ruangan akomodasi yang memiliki nilai loses pada ducting 0,049 kW, berikut perbandingan dari kedua system yang telah dianalisa :

No.	Segi Perbandingan	CENTRAL COOLING	SEMI CENTRAL
1	Kebutuhan Daya Spek	15,4 kW	15,2 kW
2	Friction Loses	0,064 kW	0,049 kW
3	Panjang Ducting	Panjang	Pendek
4	Pompa	Membutuhkan tempat khusus	-

4. Dari perbandingan table diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin panjang ducting maka semakin besar pula loses yang akan muncul karena factor laju angina dan gesekan udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baheramsyah, Alam. Ariana, Made. *Diklat Pengaturan Udara & Sistem Refrigerasi*.
- [2] Wilbert, Stoecker. Jerold, Jones. (1982). *Refrigerasi & Pengkondisian Udara edisi kedua..* Surabaya: Airlangga.
- [3]“ASHRAE Handbook, Fundamentals Volume. (2005). *American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.*
- [4]Arismunandar Wiranto, Saito Heizo. (2002). *Penyegaran Udara*. Surabaya: Pradnya Paramitha.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

- 1 Perhitungan Beban Main Deck
- 2 Perhitungan Beban Lower Deck
- 3 Perhitungan Lighting Load
- 4 Perhitungan Equipment Load dan Personal Load
- 5 Perhitungan Total
- 6 Perhitungan Loses Ducting Central Cooling Sistem dan Semi Central Cooling Sistem
- 7 Total Loses
- 8 Spesifikasi AC Stand
- 9 Spesifikasi Compressor
- 10 Gambar Central Cooling Sistem
- 11 Gambar Semi Central Cooling Sistem

MAIN DECK

No	DAPUR	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	7.140	10	0.040	-	2.86
2	AREA (M²2)	10.920	10	0.040	-	4.37
3	AREA (M²2) DB	8.840	10	0.040	-	3.54
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	2	7.00
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	125.50
7	Equipment	-	-	-	-	7509.56
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						7773.57

No	KKM ROOM	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	7.140	10	0.040	-	2.86
2	AREA (M²2)	12.180	10	0.040	-	4.87
3	AREA (M²2) DB	9.860	10	0.040	-	3.94
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	2	7.00
5	Person	-	-	-	-	0.00
6	Light	-	-	-	-	62.21
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						80.88

DAPUR				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a.Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a.Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		7773.571	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	616.44	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a.35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00		
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	4.06	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	$0x(3)x(10) / (6)x(11)x1$	0.39	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cpx \Delta t/V$	7.77	kW

KKM ROOM				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a.Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a.Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		80.883	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	6.41	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a.35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00		
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	389.77	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	$0x(3)x(10) / (6)x(11)x1$	37.42	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cpx \Delta t/V$	0.08	kW

3

No	KOMANDAN ROOM	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	7.140	10	0.040	-	2.86
2	AREA (M²2)	12.180	10	0.040	-	4.87
3	AREA (M²2) DB	9.860	10	0.040	-	3.94
7	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	2	7.00
8	Person	-	-	-	1	60.38
9	Light	-	-	-	-	108.87
10	Equipment	-	-	-	-	298.92
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						486.84

KOMANDAN ROOM				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		486.837	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	Q/(Cp x ρ x Δt)	38.61	m³/h
7	Perbedaan Entalpi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00		
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	64.76	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara (ρ)		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	0x(3)x(10) / (6)x(11)x1	6.22	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	Vt x Cp x Δt/V	0.49	kW

4

No	GUEST ROOM	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	7.14	10	0.040	-	2.86
2	AREA (M²2)	8.82	10	0.040	-	3.53
3	AREA (M²2) DB	7.14	10	0.040	-	2.86
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	1	3.50
5	Person	-	-	-	1	60.38
6	Light	-	-	-	-	78.84
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						151.95

GUEST ROOM				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		151.955	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	Q/(Cp x ρ x Δt)	12.05	m³/h
7	Perbedaan Entalpi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00		
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	207.47	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara (ρ)		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	0x(3)x(10) / (6)x(11)x1	19.92	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	Vt x Cp x Δt/V	0.15	kW

No	EMERGENCY GENSET ROOM	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	3.570	10	0.040	-	1.43
2	AREA (M²2)	6.300	10	0.040	-	2.52
3	AREA (M²2) DB	2.635	10	0.040	-	1.05
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	-	1.58
5	Person	-	-	-	-	0.00
6	Light	-	-	-	-	16.63
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						23.20

No	LOUNGE ROOM	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	7.140	10	0.040	-	2.86
2	AREA (M²2)	10.080	10	0.040	-	4.03
3	AREA (M²2) DB	8.160	10	0.040	-	3.26
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	1	3.50
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	231.43
7	Equipment	-	-	-	-	298.92
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						664.76

EMERGENCY GENSET ROOM				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		23.202	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	Q/(Cp x ρ x Δt)	1.84	m³/h
7	Perbedaan Entalpi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	1358.73	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	0x(3)x(10) / (6)x(11)x1	130.44	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	Vt x Cpx Δt/V	0.02	kW

LOUNGE ROOM				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		664.757	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	Q/(Cp x ρ x Δt)	52.72	m³/h
7	Perbedaan Entalpi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	47.42	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	0x(3)x(10) / (6)x(11)x1	4.55	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	Vt x Cpx Δt/V	0.66	kW

7

No	Wheel House	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	AREA (M²2)	15.750	10	0.040	-	6.30
2	AREA (M²2)	15.750	10	0.040	-	6.30
3	AREA (M²2) DB	15.000	10	0.040	-	6.00
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	1	3.50
5	Person	-	-	-	3	181.13
6	Light	-	-	-	-	165.62
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						368.86

Wheel House				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
2	b. RH		70.00	%
	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
3	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
4	Jumlah Crew di ruangan(N)		1.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		368.858	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times p \times \Delta t)$	29.25	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	25.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	85.47	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	$0 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1$	8.21	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta T/V$	0.37	kW

Lighting Load = 789.09 Watt/Hr
 Kalor Equipment = 8107.39 Watt/Hr

Total Kapasitas Udara yang harus di suply di Main Deck = 757.32 m³/h 12.62 m³/m 0.21 m³/s
 = 446.061 CFM (1m³/h = 0,589 CFM)

Static Pressure sistem ducting di Main deck = 0.25 Inch H₂O

Sehingga, dipilih faqn dengan spesifikasi sbb :

Model : 44-M-126DA-STAIG2

Capacity : 446 CFM
 Static Pressure : 2 Inch
 BHP : 0.780 HP
 RPM : 3450

LOWER DECK

1

No	Ruang Tahanan	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	7.896	10	0.040	-	3.16
2	Wall Area	9.996	10	0.040	-	4.00
3	Wall Area DB	8.949	10	0.040	-	3.58
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	0	0.00
5	Person	-	-	-	5	301.89
6	Light	-	-	-	-	98.81
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						411.44

Ruang Tahanan			
No	Item	Rumus	Hasil Satuan
1	Kondisi Udara Luar		
	a. Temperatur		35.00 Derajat
	b. RH		70.00 %
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan		
	a. Temperatur		25.00 Derajat
	b. RH		60.00 %
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		5.00 Orang
4	Head load Calculation (Q)		411.435 Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00 derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	32.63 m³/h
Perbedaan Entalphi (H)		Psicometri Diagram	
7	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00 kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	
8	Fresh air	(3) x 25	125.00 m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	383.12 %
10	Heat gain from person (Qp)		80.00 W/p
11	Density Udara ()		1.20 kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1 kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793 m³/kg
4	he	$(3600 \times (1) \times (80) / (75.33) \times (1.2) \times 1000)$	36.78 kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta T/V$	0.41 kW

2

No	RUANG ABK	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	11.844	10	0.040	-	4.74
2	Wall Area	19.782	10	0.040	-	7.91
3	Wall Area DB	26.5644	10	0.040	-	10.63
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	4	6.30
5	Person	-	-	-	6	438.90
6	Light	-	-	-	-	293.31
7	Equipment	-	-	-	-	662.31
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						1424.10

RUANG ABK			
No	Item	Rumus	Hasil Satuan
1	Kondisi Udara Luar		
	a. Temperatur		35.00 Derajat
	b. RH		70.00 %
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan		
	a. Temperatur		25.00 Derajat
	b. RH		60.00 %
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		6.00 Orang
4	Head load Calculation (Q)		1424.10 Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00 derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	112.93 m³/h
Perbedaan Entalphi (H)		Psicometri Diagram	
7	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00 kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	
8	Fresh air	(3) x 25	150.00 m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	132.82 %
10	Heat gain from person (Qp)		80.00 W/p
11	Density Udara ()		1.20 kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1 kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793 m³/kg
14	he	$(3600 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1000)$	12.75 kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta T/V$	1.42 kW

3

No	Laundry Room	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	23.982	10	0.040	-	9.59
2	Wall Area	7.938	10	0.040	-	3.18
3	Wall Area DB	20.556	10	0.040	-	8.22
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	2	3.15
5	Person	-	-	-	2	146.30
6	Light	-	-	-	-	228.97
7	Equipment	-	-	-	-	386.83
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						784.24

Laundry Room

No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
Kondisi Ruang Yang di inginkan				
2	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		3.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		784.24	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	Q/(Cp x ρ x Δt)	62.19	m³/h
Perbedaan Entalphi (H)				
		Psicometri Diagram		
7	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	75.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	120.60	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara (ρ)		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	{3600x(3)x(10) / (6)x(11)x1000}	11.58	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	Vt x Cpx Δt/V	0.78	kW

4

No	1st OFFICER	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	10.08	10	0.040	-	4.03
2	Wall Area	9.24	10	0.040	-	3.70
3	Wall Area DB	10.56	10	0.040	-	4.22
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	1	1.58
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	116.60
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						250.88

1st OFFICER

No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
Kondisi Ruang Yang di inginkan				
2	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		2.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		250.88	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	Q/(Cp x ρ x Δt)	19.89	m³/h
Perbedaan Entalphi (H)				
		Psicometri Diagram		
7	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	50.00	m³/h
8	Fresh air	(3) x 25	50.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	251.32	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara (ρ)		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	{3600x(3)x(10) / (6)x(11)x1000}	24.13	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	Vt x Cpx Δt/V	0.25	kW

5

No	2nd OFFICER	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	10.08	10	0.040	-	4.03
2	Wall Area	9.24	10	0.040	-	3.70
3	Wall Area DB	10.56	10	0.040	-	4.22
4	Window Shadow	0.450	-	3.500	1	1.58
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	116.60
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						250.88

2nd OFFICER				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar		35.00	Derajat
	a. Temperatur		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
3	b. RH		60.00	%
	Jumlah Crew di ruangan(N)		2.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		250.88	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	19.89	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
8	b. 27°C / Rh 50%	56.00		
	Fresh air	(3) x 25	50.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	251.32	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara (ρ)		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	$(3600 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1000)$	24.13	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta t / V$	0.25	kW

6

No	3th OFFICER	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	10.08	10	0.040	-	4.03
2	Wall Area	9.24	10	0.040	-	3.70
3	Wall Area DB	10.56	10	0.040	-	4.22
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	1	1.58
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	116.60
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						250.88

3th OFFICER				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar		35.00	Derajat
	a. Temperatur		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
3	b. RH		60.00	%
	Jumlah Crew di ruangan(N)		2.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		250.88	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	19.89	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00	44.00	kJ/kg
8	b. 27°C / Rh 50%	56.00		
	Fresh air	(3) x 25	50.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	251.32	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara (ρ)		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	he	$(3600 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1000)$	24.13	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta t / V$	0.25	kW

7

No	RUANG KONTROL	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	10.08	10	0.040	-	4.03
2	Wall Area	9.912	10	0.040	-	3.96
3	Wall Area DB	11.328	10	0.040	-	4.53
4	Window Shadow	0.450	-	3.500	1	1.58
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	125.08
7	Equipment	-	-	-	-	-

Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) = **259.94**

RUANG KONTROL				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		2.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		259.94	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	20.61	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	50.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	242.56	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	ne	$(3600 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1000)$	23.29	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta t / V$	0.26	kW

8

No	Gudang dan Bengkel	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	10.08	10	0.040	-	4.03
2	Wall Area	9.912	10	0.040	-	3.96
3	Wall Area DB	11.328	10	0.040	-	4.53
4	Window Shadow	0.450	-	3.500	0	0.00
5	Person	-	-	-	2	120.76
6	Light	-	-	-	-	71.47
7	Equipment	-	-	-	-	-

Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) = **204.76**

Gudang dan Bengkel				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a. Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a. Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		2.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		204.76	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	16.24	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	50.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	307.93	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	ne	$(3600 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1000)$	29.56	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta t / V$	0.20	kW

9

No	Gudang Umum	Area (m²)	Δt (°C)	Koefisien Transfer	Quantity	Heat Load (Watt)
1	Wall Area ↓	10.08	10	0.040	-	4.03
2	Wall Area	2.52	10	0.040	-	1.01
3	Wall Area DB	2.88	10	0.040	-	1.15
4	Window Sun Shine	0.450	-	3.500	0	0.00
5	Person	-	-	-	0	0.00
6	Light	-	-	-	-	134.77
7	Equipment	-	-	-	-	-
Beban Panas yang Diderita Ruangan (QR) =						140.96

Lighting Load = 1300.213 Watt/Hr
 Kalor Equipment = 1049.14 Watt/Hr

Total Kapasitas Udara yang harus di suply di Lower Deck = 315.46 m³/h 5.26 m³/m 0.1 m³/s
 = 185.807 CFM (1m³/h = 0.589 CFM)

Static Pressure sistem ducting di main deck = 2.81 Inch H₂O

Sehingga, dipilih faqn dengan spesifikasi sbb :

Model : 44-M-126DA-STAIG2
 Capacity : 446 CFM
 Static Pressure : 2 Inch
 BHP : 0.780 HP
 RPM : 3450

Gudang Umum				
No	Item	Rumus	Hasil	Satuan
1	Kondisi Udara Luar			
	a.Temperatur		35.00	Derajat
	b. RH		70.00	%
2	Kondisi Ruang Yang di inginkan			
	a.Temperatur		25.00	Derajat
	b. RH		60.00	%
3	Jumlah Crew di ruangan(N)		2.00	Orang
4	Head load Calculation (Q)		140.962	Watt
5	Perbedaan Temperatur (t)	(1a) - (2a)	10.00	derajat
6	Air Capacity calculation (Vt)	$Q / (Cp \times \rho \times \Delta t)$	11.18	m³/h
7	Perbedaan Entalphi (H)	Psicometri Diagram		
	a. 35°C / Rh 70%	100.00		
	b. 27°C / Rh 50%	56.00	44.00	kJ/kg
8	Fresh air	(3) x 25	50.00	m³/h
9	% Fresh Air	(8) / (6) x 100%	447.29	%
10	Heat gain from person (Qp)		80.00	W/p
11	Density Udara ()		1.20	kg/m³
12	Panas Spesifik Udara (Cp)		1	kJ/kg °C
13	Volume Spesifik udara (V)		0.793	m³/kg
14	ne	$(3600 \times (3) \times (10) / (6) \times (11) \times 1000)$	42.94	kJ/kg
15	Kapasitas mesin Pendingin (Ql)	$Vt \times Cp \times \Delta t / V$	0.141	kW

SUMMARY

MAIN DECK

NO.	ROOM	asitas Mesin Pendingin (t)	Pendingin (PK)
1	DAPUR	7.77	10.42
2	KKM ROOM	0.08	0.11
3	KOMANDAN ROOM	0.49	0.65
4	GUEST ROOM	0.15	0.20
5	EMERGENCY GENSET ROOM	0.02	0.03
6	LOUNGE ROOM	0.66	0.89
7	Wheel House	0.37	0.49
		9.55	12.80

LOWER DECK

NO.	ROOM	asitas Mesin Pendingin (t)	Pendingin (PK)
1	Ruang Tahanan	0.41	0.55
2	RUANG ABK	1.42	1.91
3	Laundry Room	0.78	1.05
4	1st OFFICER	0.25	0.34
5	2nd OFFICER	0.25	0.34
6	3th OFFICER	0.25	0.34
7	RUANG KONTROL	0.26	0.35
8	Gudang dan Bengkel	0.20	0.27
9	Gudang Umum	0.14	0.19
		3.98	5.33

TOTAL KAPASITAS MESIN PENDINGIN

13.53

KW

18.13

PK

KAPASITAS PADA SPEK =

15.40 KW

20.6 PK

15.22 KW

20.4 PK

LIGHTING LOAD

Main Deck

Nama Ruang	Luas Ruang		L.C	q(Btuh)	q(Watt)
	A(m ²)	A(sq.feet)			
0	4.42	47.581	9	428.230	125.495
KKM ROOM	4.93	53.071	4	212.285	62.211
KOMANDAN ROOM	4.93	53.071	7	371.499	108.870
GUEST ROOM	3.57	38.431	7	269.016	78.837
EMERGENCY GENSET ROO	1.3175	14.183	4	56.731	16.625
LOUNGE ROOM	4.08	43.921	7	307.447	90.099
Wheel House	7.5	80.737	7	565.160	165.624
Gangway	6.4	68.896	7	482.270	141.332
Total				2692.640	789.094

Lower Deck

Nama Ruang	Luas Ruang		L.C	q(Btuh)	q(Watt)
	A(m ²)	A(sq.feet)			
Ruang Tahanan	4.4744	48.167	7	337.167	98.809
RUANG ABK	13.2822	142.982	7	1000.877	293.313
Laundry Room	10.278	110.642	7	774.496	226.971
1st OFFICER	5.28	56.839	7	397.873	116.599
2nd OFFICER	5.28	56.839	7	397.873	116.599
3th OFFICER	5.28	56.839	7	397.873	116.599
RUANG KONTROL	5.664	60.973	7	426.809	125.079
Gudang dan Bengkel	5.664	60.973	4	243.891	71.474
Gudang Umum	1.44	15.502	4	62.006	18.171
Gangway	5.28	56.839	7	397.873	116.599
Total				4436.738	1300.213

Komponen - komponen yang terdapat di kapal Patroli 28 meter

Main Deck

No	Komponen	qsd	qld	U.F	H.F	qs(Btu/hr)	ql(Btu/hr)
1	Coffee Maker	6500	2000	0.05	1	325	100
2	Ice Cuber	1300	0	0.05	1	65	0
3	Mixer	1120	580	0.05	1	56	29
4	TV 1	3400	0	0.3	1	1020	0
5	TV 2	3400	0	0.3	1	1020	0
6	Vent Galley	24700	12700	1	0.5	12350	12700
						14836	12829
Total						27665	Btu/hr

8107.3942 Watt/Hr

Lower Deck

No	Komponen	qsd	qld	U.F	H.F	qs(Btu/hr)	ql(Btu/hr)
1	Coffee Maker	6500	2000	0.1	1	650	200
2	refrigerator	1300	0	0.3	1	390	0
3	Clothes Dryer	4400	0	0.3	1	1320	0
4	TV	3400	0	0.3	1	1020	0
						3380	200
Total						3580	Btu/hr

BEBAN PERSONEL

Main Deck

no	Personnel	HDs	HDI	P	ql	qs
1	Navigasi	265	335	3	1005	795
2	Komandan	265	335	1	335	265
3	Dapur	265	335	3	1005	795
4	Lounge	265	335	1	335	265
5	Guest	265	335	3	1005	795
				Total	3685	2915

q total Main Deck 6600.00 Btu/hr

Lower Deck

no	Personnel	HDs	HDI	P	ql	qs
1	Ruang Tahanan	265	335	5	1675	1325
2	Ruang ABK	265	335	5	1675	1325
3	1st Officer	265	335	1	335	265
4	2nd Officer	265	335	1	335	265
5	3th Officer	265	335	1	335	265
6	Ruang Kontrol	265	335	1	335	265
7	Gudang Umum	265	335	1	335	265
8	Gudang dan Bengkel	265	335	1	335	265
				Total	5025	3975

q total Lower Deck 9000.00 Btu/hr

Branch Duct Kitchen

$$\begin{aligned}\text{Flow rate} &= 3 \\ Q_{\text{total}} &= 0.17 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Calculation of main duct.

$$\begin{aligned}Q_{\text{total}} &= A \times V \\ Q_{\text{total}} &= \frac{\pi d^2}{4} \times V \\ d &= \sqrt{\frac{4 Q_{\text{total}}}{\pi V}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0.17}{\pi \times 3}} \\ &= 0.239 \text{ meter} \\ &= 23.9 \text{ cm} \\ &= 239 \text{ mm}\end{aligned}$$

We choosed diameter of main Duct following ISO standard for rectangular duct is

Calculation of losses Main Duct.

$$P_f = \left(\frac{1000 \times f \times L}{D_{\text{eq}}} \right) \times \left(\frac{\rho \times V^2}{2} \right)$$

Where :

$$\begin{aligned}\rho &= \text{Density of air.} \\ &= 1.184 \quad (\text{at } 25^\circ\text{C}) \\ \mu &= \text{Kinematic viscosity of air} \\ &= 18.413 \times 10^{-6} \quad (\text{at } 25^\circ\text{C}) \\ \epsilon / d &= \text{is the roughness factor.} \\ &\quad \text{faktor kekasaran berdasarkan material yang} \\ &\quad \text{digunakan. Material yang digunakan adalah} \\ &\quad \text{galvanized steel dengan faktor kekasaran} \\ &\quad 0.152 \times 10^{-3} \\ &= 0.0001524 / 0.26 \\ &= 0.000638 \\ \text{Length} &= \text{Long of Main duct.} \\ &= 2.13 \text{ meter} \\ D_h &= \text{diamater of main duct.} \\ &= 238.91 \text{ mm} \\ V &= \text{velocity of air} \\ &= 3 \text{ m/s} \\ f &= \text{is the friction factor of the pipe.} \\ &\quad \text{to obtain the friction factor on the system} \\ &\quad \text{must know beforehand Renold Numbers (Re)} \\ &\quad \text{with the formula:} \\ \text{Re} &= \frac{D_h \times V}{\mu} \\ &= \frac{1120 \times 14}{1000 \times 15.68 \times 10^{-6}} \\ &= 3.9 \times 10^4 \text{ Turbulent flow because } < 2000 \\ f &= \text{friction loss factor} \\ &= 0.0165\end{aligned}$$

Friction factor

from the data above can be seen the value of f , then the calculation:

$$\begin{aligned}P_f &= \left(\frac{1000 \times f \times L}{D_h} \right) \times \left(\frac{\rho \times V^2}{2} \right) \\ &= \left(\frac{1000 \times 0.0123 \times 14}{1120} \right) \times \left(\frac{1.13 \times 14^2}{2} \right) \\ &= 0.78 \text{ Pa} \\ P_f / L &= 17.03 / 14 \\ &= 0.26 \text{ Pa/m}\end{aligned}$$

Output	Q (m ³ /s)	/d	Re	Dreq (mm)	V (m/s)	L (m)	Out point	μ (m ² /s)	(kg/m ³)	f (Pa/m)	Pf (Pa)	Pf (kPa)
A	0.0146	0.000482	1.1.E+04	70	3	2	A	0.000018413	1.184	0.0165	2.517	0.003
B	0.0069	0.000482	7.8.E+03	48	3	2.36	B	0.000018413	1.184	0.0165	4.312	0.004
C	0.1712	0.000482	3.9.E+04	239	3	3.3	C	0.000018413	1.184	0.0165	1.214	0.001
D	0.0018	0.000482	3.2.E+03	30	2	6.6	D	0.000018413	1.184	0.0165	8.640	0.009
E	0.0107	0.000482	8.0.E+03	73	2	6.6	E	0.000018413	1.184	0.0165	3.522	0.004
F	0.0069	0.000482	6.4.E+03	59	2	7.7	F	0.000018413	1.184	0.0165	5.106	0.005
G	0.0057	0.000482	7.1.E+03	44	3	1	G	0.000018413	1.184	0.0165	2.012	0.002
H	0.0045	0.000482	6.3.E+03	39	3	1	H	0.000018413	1.184	0.0165	2.267	0.002
I	0.0055	0.000482	7.0.E+03	43	3	2.5	I	0.000018413	1.184	0.0165	5.121	0.005
J	0.0031	0.000482	4.8.E+03	35	2.5	3.7	J	0.000018413	1.184	0.0165	6.409	0.006
K	0.0055	0.000482	6.4.E+03	47	2.5	4.7	K	0.000018413	1.184	0.0165	6.103	0.006
L	0.0055	0.000482	6.4.E+03	47	2.5	4.7	L	0.000018413	1.184	0.0165	6.103	0.006
M	0.0173	0.000482	1.0.E+04	93	2	6.8	M	0.000018413	1.184	0.0165	2.859	0.003
N	0.0314	0.000482	1.4.E+04	125	2	9.5	N	0.000018413	1.184	0.0165	2.964	0.003
O	0.0091	0.000482	7.3.E+03	67	2	12.7	O	0.000018413	1.184	0.0165	11.555	0.0116
TOTAL	0.30										TOTAL	0.071

Pf =	0.071 kPa
Pf =	0.000071 MPa
Pf =	0.0071 bar
	63.63 Watt
	0.064 kW

Output	Q (m ³ /s)	/d	Re	Dreq (mm)	V (m/s)	L (m)	Out point	μ (m ² /s)	(kg/m ³)	f (Pa/m)	Pf (Pa)	Pf (kPa)
A	0.015	0.000892	9.3.E+03	86	2	2.5	A	0.000018413	1.184	0.0165	1.142	0.001
B	0.007	0.000892	6.4.E+03	59	2	2.2	B	0.000018413	1.184	0.0165	1.459	0.001
D	0.002	0.000892	3.2.E+03	30	2	2.1	D	0.000018413	1.184	0.0165	2.749	0.003
E	0.011	0.000892	8.0.E+03	73	2	2.1	E	0.000018413	1.184	0.0165	1.121	0.001
F	0.007	0.000892	6.4.E+03	59	2	3.2	F	0.000018413	1.184	0.0165	2.122	0.002
G	0.006	0.000892	7.1.E+03	44	3	7	G	0.000018413	1.184	0.0165	14.086	0.014
H	0.005	0.000892	6.3.E+03	39	3	7	H	0.000018413	1.184	0.0165	15.871	0.016
I	0.006	0.000892	7.0.E+03	43	3	5.5	I	0.000018413	1.184	0.0165	11.266	0.011
J	0.003	0.000892	4.8.E+03	35	2.5	4.3	J	0.000018413	1.184	0.0165	7.449	0.007
K	0.006	0.000892	6.4.E+03	47	2.5	3.3	K	0.000018413	1.184	0.0165	4.285	0.004
L	0.006	0.000892	6.4.E+03	47	2.5	3.3	L	0.000018413	1.184	0.0165	4.285	0.004
O	0.009	0.000892	7.3.E+03	67	2	4.6	O	0.000018413	1.184	0.0165	2.670	0.0027
TOTAL	0.07										TOTAL	0.054

Pf =	0.054 kPa
Pf =	0.000054 MPa
Pf =	0.0054 bar
Q =	48.98 Watt
Q =	0.049 kW

Branch Duct Lower Deck

Flow rate	=	3
Qtotal	=	0.09 m ³ /s

Calculation of main duct.

Qtotal	=	A x V
Qtotal	=	s ² x V
d	=	Qtotal / V
	=	0,21 / 3
	=	0.171 meter
		17.1 cm
		171 mm

We choosed diameter of main Duct following ISO standard for rectangular duct is

Calculation of losses Main Duct.

$$Pf = (1000 \times f \times L / D_{req}) \times (\times v^2 / 2)$$

Where :

	=	Dencity of air.
	=	1.184 (at 25°C)
μ	=	Kinematic viscosity of air
	=	18,413 x 10 ⁻⁶ (at 25°C)
/ d	=	is the roughness factor. faktor kekasaran berdasarkan material yang digunakan. Material yang digunakan adalah galvanized steel dengan faktor kekasaran 0.152 x 10 ⁻³
	=	0,0001524 / 0,26
	=	0.000892
Length	=	Long of Main duct.
	=	12.7 meter
Dh	=	diamater of main duct.
	=	170.91 mm
V	=	velocity of air
	=	3 m/s
f	=	is the friction factor of the pipe. to obtain the friction factor on the system must know beforehand Renold Numbers (Re) with the formula:
Re	=	(Dh x V) / 1000 μ
	=	(1120 x 14) / 1000 x 15,68 x 10 ⁻⁶
	=	2.8.E+04 Turbulent flow because < 2000
f	=	friction loss factor
	=	0.0165

Friction factor

from the data above can be seen the value of t, then the calculation:

Pf	=	(1000 x f x L / Dh) x (x v ² / 2)
	=	(1000 x 0,0123 x 14 / 1120) x (1,13 x 14 ² / 2)
	=	6.53 Pa
Pf / L	=	17,03 /14
	=	2.18 Pa/m

Branch Duct Main Duct

$$\begin{aligned}\text{Flow rate} &= 3 \\ \text{Qtotal} &= 0.04 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Calculation of main duct.

$$\begin{aligned}\text{Qtotal} &= A \times V \\ \text{Qtotal} &= s^2 \times V \\ d &= \text{Qtotal} / V \\ &= 0,21 / 3 \\ &= 0.117 \text{ meter} \\ &= 11.7 \text{ cm} \\ &= 117 \text{ mm}\end{aligned}$$

We choosed diameter of main Duct following ISO standard for rectangular duct is

Calculation of losses Main Duct.

$$P_f = (1000 \times f \times L / D_{eq}) \times (v^2 / 2)$$

Where :

$$\begin{aligned}&= \text{Dencity of air.} \\ &= 1.184 \quad (\text{at } 25^\circ\text{C}) \\ \mu &= \text{Kinematic viscosity of air} \\ &= 18,413 \times 10^{-6} \quad (\text{at } 25^\circ\text{C}) \\ / d &= \text{is the roughness factor.} \\ &= \text{faktor kekasaran berdasarkan material yang} \\ &= \text{digunakan. Material yang digunakan adalah} \\ &= \text{galvanized steel dengan faktor kekasaran} \\ &= 0.152 \times 10^{-3} \\ &= 0,0001524 / 0,26 \\ &= 0.001303 \\ \text{Length} &= \text{Long of Main duct.} \\ &= 6.5 \text{ meter} \\ D_h &= \text{diamater of main duct.} \\ &= 116.96 \text{ mm} \\ V &= \text{velocity of air} \\ &= 3 \text{ m/s} \\ f &= \text{is the friction factor of the pipe.} \\ &= \text{to obtain the friction factor on the system} \\ &= \text{must know beforehand Renold Numbers} \\ &= \text{(Re) with the formula:} \\ \text{Re} &= (D_h \times V) / 1000 \mu \\ &= (1120 \times 14) / 1000 \times 15,68 \times 10^{-6} \\ &= 1.9.E+04 \text{ Turbulent flow because } < 2000 \\ f &= \text{friction loss factor} \\ &= 0.0165\end{aligned}$$

Friction factor

from the data above can be seen the value of t , then the calculation:

$$\begin{aligned}P_f &= (1000 \times f \times L / D_h) \times (v^2 / 2) \\ &= (1000 \times 0,0123 \times 14 / 1120) \times (1,13 \times 14^2 / 2) \\ &= 4.89 \text{ Pa} \\ P_f / L &= 17,03 / 14 \\ &= 1.63 \text{ Pa/m}\end{aligned}$$

Main Duct Main + Lower Deck

$$\begin{aligned}\text{Flow rate} &= 3 \\ Q_{\text{total}} &= 0.30 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Calculation of main duct.

$$Q_{\text{total}} = A \times V$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{total}} &= s^2 \times V \\ d &= \sqrt[3]{Q_{\text{total}} / V} \\ &= \sqrt[3]{0.21 / 3} \\ &= 0.316 \text{ meter} \\ &= 31.6 \text{ cm} \quad 31.5 \\ &= 316 \text{ mm} \quad 315\end{aligned}$$

We choosed diameter of main Duct following ISO standard for rectangular duct is

Calculation of losses Main Duct.

$$P_f = (1000 \times f \times L / D_{\text{req}}) \times (v^2 / 2)$$

Where :

$$\begin{aligned}&= \text{Dencity of air.} \\ &= 1.184 \quad (\text{at } 25^\circ\text{C}) \\ \mu &= \text{Kinematic viscosity of air} \\ &= 18,413 \times 10^{-6} \quad (\text{at } 25^\circ\text{C}) \\ / d &= \text{is the roughness factor.} \\ &= \text{faktor kekasaran bedasarkan material yang} \\ &= \text{digunakan. Material yang digunakan adalah} \\ &= \text{galvanized steel dengan faktor kekasaran } 0.152 \times \\ &= 0.0001524 / 0.26 \\ &= 0.000482 \\ \text{Length} &= \text{Long of Main duct.} \\ &= 1.25 \text{ meter} \\ D_h &= \text{diamater of main duct.} \\ &= 316.18 \text{ mm} \\ V &= \text{velocity of air} \\ &= 3 \text{ m/s} \\ f &= \text{is the friction factor of the pipe.} \\ &= \text{to obtain the friction factor on the system must} \\ &= \text{know beforehand Renold Numbers (Re) with the} \\ &= \text{formula:} \\ \text{Re} &= (D_h \times V) / 1000 \mu \\ &= (1120 \times 14) / 1000 \times 15,68 \times 10^{-6} \\ &= 5.2.E+04 \text{ Turbulent flow because } < 2000 \\ f &= \text{friction loss factor} \\ &= 0.0165\end{aligned}$$

Friction factor

from the data above can be seen the value of f , then the calculation:

$$\begin{aligned}P_f &= (1000 \times f \times L / D_h) \times (v^2 / 2) \\ &= (1000 \times 0.0123 \times 14 / 1120) \times (1.13 \times 14^2 / 2) \\ &= 0.35 \text{ Pa} \\ P_f / L &= 17,03 / 14 \\ &= 0.12 \text{ Pa/m}\end{aligned}$$

Size	Model	Motor (Fan)		CFM @ Static Pressure													
				0"		½"		1"		1½"		2"		2½"		3"	
		HP	RPM	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP
12	44-M-1260A-STAG2	¼	3450	2308	0.35	2035	0.46	1716	0.57	797	0.64	446	0.78				
	44-M-1260A-STAI03	¼	1725	1154	0.04	229	0.10										
16	44-M-1660A-STAIK2	¾	3500	5831	1.86	5609	2.08	5348	2.34	5056	2.65	4719	2.92	4277	3.11	3145	3.20
	44-M-1660A-STAIK3	¾	1725	2874	0.22	2304	0.35	1069	0.49								
18	44-M-1860A-STAIL2	5	3500	8155	2.59	7873	2.96	7505	3.33	7225	3.71	6837	4.09	6368	4.44	5649	4.68
	44-M-1860A-STAIK3	¾	1725	4019	0.31	3345	0.50	1496	0.64	829	0.81						
	44-M-1860A-STAIK4	¾	1140	2656	0.09	620	0.20										
24	44-M-2460A-STAIK3	3	1760	9126	1.20	8346	1.72	7433	2.17	4690	2.57	3126	2.96	2265	3.37		
	44-M-2460A-STAIH4	1	1150	5963	0.24	4592	0.65	1644	0.90								
28	44-M-2860A-STAIL3	5	1750	14559	2.87	13653	3.64	12662	4.12	11438	4.70	8359	5.11	6408	5.69		
	44-M-2860A-STAIH4	2	1160	9650	0.84	8193	1.24	4587	1.56	2774	2.05						
32	44-M-3260A-STAIK3	10	1765	21884	5.22	20730	6.49	19622	7.66	18510	8.74	17135	9.69	14768	10.19	10179	10.96
	44-M-3260A-STAIK4	3	1160	14382	1.48	12671	2.27	10544	2.84	5776	3.42						
36	44-M-3660A-STAIK3	20	1765	30514	8.85	29466	10.36	28311	11.94	27000	13.68	25523	15.25	23872	16.45	21597	17.38
	44-M-3660A-STAIL4	5	1160	20055	2.51	18246	3.54	16109	4.55	10745	5.12						
40	44-M-4060A-STAIK3	30	1780	42443	17.48	41207	19.87	39910	21.96	38581	23.59	37170	24.89	35627	26.25	33856	28.09
	44-M-4060A-STAIK4	10	1180	28137	5.09	26220	6.55	24094	7.45	21324	8.68	14055	9.21	11417	10.67		
	44-M-4060A-STAIL5	5	870	20745	2.04	18034	2.93	11846	3.63	7445	4.57	4340	5.63				
44	44-M-4460A-STAIK3	40	1775	55468	27.19	54295	30.25	53047	33.25	51704	36.19	50226	39.08	48605	41.84	46821	44.34
	44-M-4460A-STAIK4	15	1180	36875	7.99	35037	10.00	32836	11.92	30128	13.48	26524	14.24	18660	15.20	15648	17.12
	44-M-4460A-STAIK5	7½	870	27187	3.20	24494	4.66	20574	5.67	12440	6.48	9053	7.86				
48	44-M-4860A-STAIK3	75	1780	71914	42.08	70645	46.04	69310	49.95	67897	53.79	66379	57.59	64734	61.31	62955	64.86
	44-M-4860A-STAIK4	20	1175	47471	12.10	45483	14.70	43187	17.20	40434	19.50	37172	21.06	31737	21.88		
	44-M-4860A-STAIK5	10	870	35149	4.91	32299	6.81	28430	8.36	19840	9.03	14446	10.77				
54	44-M-5460A-STAIK4	40	1180	67531	21.90	65337	25.60	62907	29.20	60116	32.69	56899	35.79	53234	37.95	48480	39.34
	44-M-5460A-STAIK5	20	870	49790	8.78	46684	11.47	42747	13.98	37641	15.54	25773	16.65	20646	19.12	16529	21.57
	44-M-5460A-STAIK6	10	690	39488	4.38	35284	6.48	28961	7.83	17127	9.23	11997	11.20				
60	44-M-6060A-STAIK4	60	1175	91864	36.37	89440	41.42	86815	46.35	83903	51.19	80629	55.80	76957	59.83	72873	62.77
	44-M-6060A-STAIK5	30	870	68018	14.76	64635	18.47	60585	22.01	55603	24.89	49006	26.50	34501	28.06	28913	31.60
	44-M-6060A-STAIK6	20	690	53946	7.37	49451	10.27	43301	12.61	29275	13.67	21648	16.41	15995	19.04	11516	22.24



Air Conditioners

Floor Standing Type

CS-C18FFP (CU-C18FFP)

General Information	Indoor Model Number		CS-C18FFP
	Outdoor Model Number		CU-C18FFP
	Btu/h		17,400
	kW/h		5.10
	EER [Btu/hW]	L/h	2.8
		Pt/h	5.9
	Air Circulation (Indoor/Hi)	m3/min	15.5
		ft3/min	547
Product Dimensions	Dimension H X W X D mm	(indoor)	1680 X 500 X 298
		(Outdoor)	540 X 780 X 289
Product Weight	Net Weight kg	(Indoor)	34
		(Outdoor)	40
Technical Features		Liquid Side mm (inch)	6.35 (1/4)

		Gas Side mm (inch)	12.70 (1/2)
		Power Supply	Indoor
Comfortable Features	e-ion Air Purifying System		No
	Supersonic AP System		No
	Patrol Sensor		No
	SUPER Allergu-Buster Filter		No
	Auto Refreshing DEO		No
	Odour-Removing Function		Yes
	Removable, Washable Panel		No
	Catechin Air Purifying Filter		Yes
	Solar Refreshing Deodorizing Filter		Yes
	Inverter Control		No
	Super Quiet	(4 Hours)	No
		(30 Mins)	No
	Soft Dry Operation Mode		Yes
	Wide Long Airflow Vane		No
	Personal Airflow Creation		No

	Airflow Direction Control (Up Down)	No
	Manual Airflow Direction Control (Left Right)	Yes
	Manual Horizontal Airflow Direction Control	No
	Sleep Mode Auto-Control	No
	Automatic Operation Mode (Cooling)	Yes
Convenient Features	24-Hour ONOFF Real Setting Timer	No
	12-Hour ONOFF Dual Setting Timer	Yes
	LCD Wireless Remote Controller	Yes
	Wired Remote Controller	No
Reliable Features	Auto Restart	Yes
	Random Auto Restart (32 Restart Patterns)	No
	Blue Fin Condenser	No
	Long Piping	10m
	Top-Panel Maintenance Access	Yes
Electricity	Rated Voltage	240V

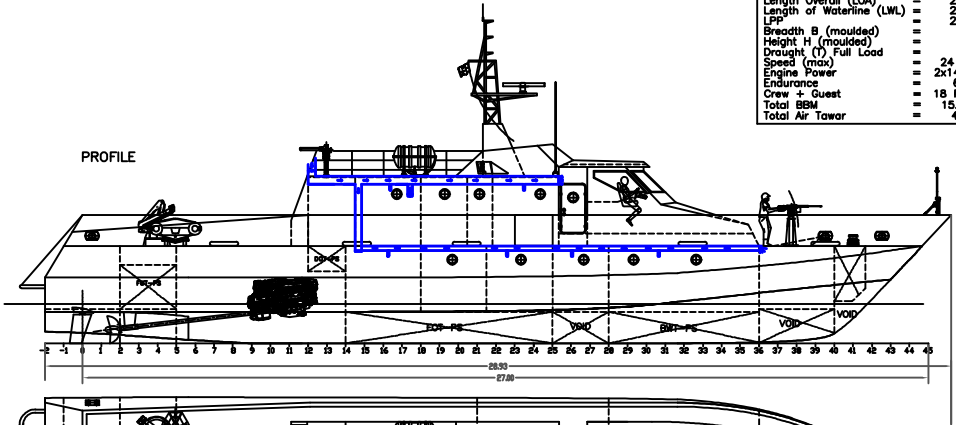
	Running Current	8.8A
	Power Input	1,950W

Copyright © 2015 PT. Panasonic Gobel Indonesia

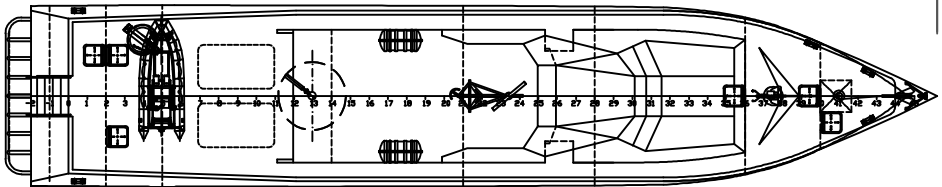
DUCTING SEMI CENTRAL COOLING SYSTEM

PRINCIPLE DIMENSION	
Length Overall (LOA)	= 28.90 M
Length of Waterline (LWL)	= 26.25 M
LPP	= 25.05 M
Breadth B (moulded)	= 5.80 M
Height H (moulded)	= 3.10 M
Draught (T) Full Load	= 1.25 M
Speed (max)	= 24 KNOTS
Engine Power	= 2x1400 HP
Endurance	= 600 NM
Crew + Guest	= 18 Persons
Total BBM	= 15,000 Lt
Total Air Tawar	= 4000 Lt

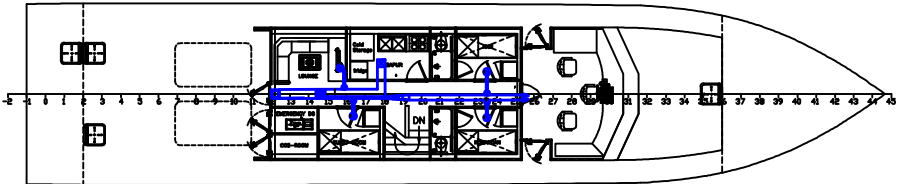
PROFILE



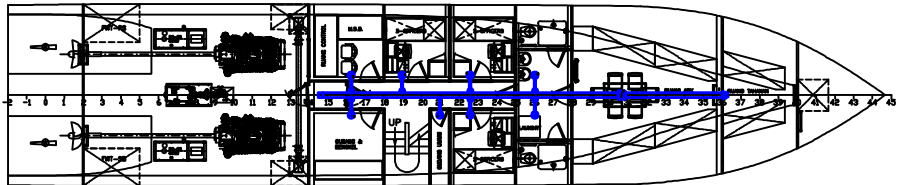
TOP VIEW



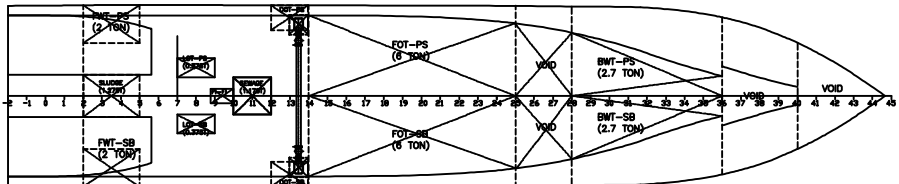
MAIN DECK



LOWER DECK



TANK LAYOUT



YEAR		DATE		PROJECT NO. :	
DATE APPROVAL		PROJECT NAME		178	
DESIGNED BY		DRAWN/REVISION NO		DRAWN : PFL KESAWAD	
CHECKED BY		<h2 style="text-align: center;">GENERAL ARRANGEMENT</h2>		GLASS : 200	
REVIEWED BY				DESIGNER : PFL KESAWAD	
APPROVED BY				SCALE : 1/20	
PROJECT NO.				SIZE : A3	
REVISION DATA		NO. OF SHEETS SUBMITTED BY NO. OF SHEETS REVIEWED BY TOTAL SHEETS PROJECT REVISION NO			
		SHEET : 1		SHEET : 1	
		SHEET : 2		SHEET : 2	



Sauer Compressors



Dependable Compressors:

- *reliable*
- *low maintenance*
- *sturdy*

FOR **SHIPPING**

www.sauercompressors.com

Sauer Compressors for Shipping

- reliable
- low maintenance
- compact

International shipping with its stringent requirements for quality and reliability is Sauer's traditional area of activity. Our starting and working air compressors have proven their reliability in this demanding market. They are among the most modern and most economic compressors available today.

In particular the low maintenance 3-stage air-cooled starting air compressors (compared with the traditionally used 2-stage water-cooled compressors) contribute significantly to modern ship operation concepts. With these products, Sauer has become one of the leading manufacturers of compressors for shipping and offshore technology worldwide.





Our product range

MISTRAL
series



2-stage air-cooled
starting-air compressors
up to 82 m³/h

4

PASSAT
series



3-stage air-cooled
starting-air compressors
up to 365 m³/h

6

TYPHOON
series



2-stage water-cooled
starting-air compressors
up to 457 m³/h

8



Control- and
working-air compressors
up to 520 m³/h

10



Kiel – Home of Sauer Compressors.



2-stage air-cooled starting-air compressors

Sauer Compressors for Shipping

Today, the principle of air cooling is an international shipbuilding standard when starting air compressors of less than 80 m³/h or 15 kW are concerned. Back in the 50s, Sauer had already started the development of air-cooled compressors in this capacity range as an alternative to water-cooled units which are in general high maintenance and more prone to failure.

Today, Sauer & Sohn's 2-stage air-cooled starting air compressors are among the most modern and low maintenance compressors available worldwide. More than a thousand of these dependable compressors are delivered to our customers every year.

If you require references, please do not hesitate to contact us at sales@sauersohn.de

Sauer – dependable compressors.

Technical Data

2-stage air-cooled starting-air compressors											
Type	Final pressure max. bar	Stages	Cylinder	Speed rpm	Technical Data for a final pressure of 30 bar			Weight kg	Dimensions		
					Charging Capacity m ³ /h	Power consumption kW	Heat Dissipation kJ/sec		Length mm	Width mm	Height mm
WP 15 L	40	2	2	1170	12,0	2,7	5	135	856	600	635
				1470	15,0	3,4	5				
				1770	18,0	4,1	6				
WP 22 L	40	2	2	1170	17,0	3,5	5	135	856	600	635
				1470	21,0	4,4	7				
				1770	25,0	5,4	8				
WP 33 L	35	2	2	1170	25,0	5,1	6	145	890	600	630
				1470	32,0	6,5	9				
				1770	38,0	7,8	10				
WP 45 L	40	2	2	1170	41,5	7,6	10	318	1214	742	820
				1470	53,0	9,6	13				
				1770	62,0	11,5	15				
WP 65 L	40	2	2	1170	54,0	10,2	15	328	1254	742	820
				1470	68,0	12,8	17				
				1770	82,0	15,4	20				
H 25	40	2	2	50 double-strokes/min	1,8	Hand air compressor		28	315	230	340

Performance data with 5% tolerance, referred to 20° C and an air pressure of 1013 mbar.

Charging Capacity according to ship building regulations.

Performance data on final pressure deviating from 30 bar will be provided upon request.

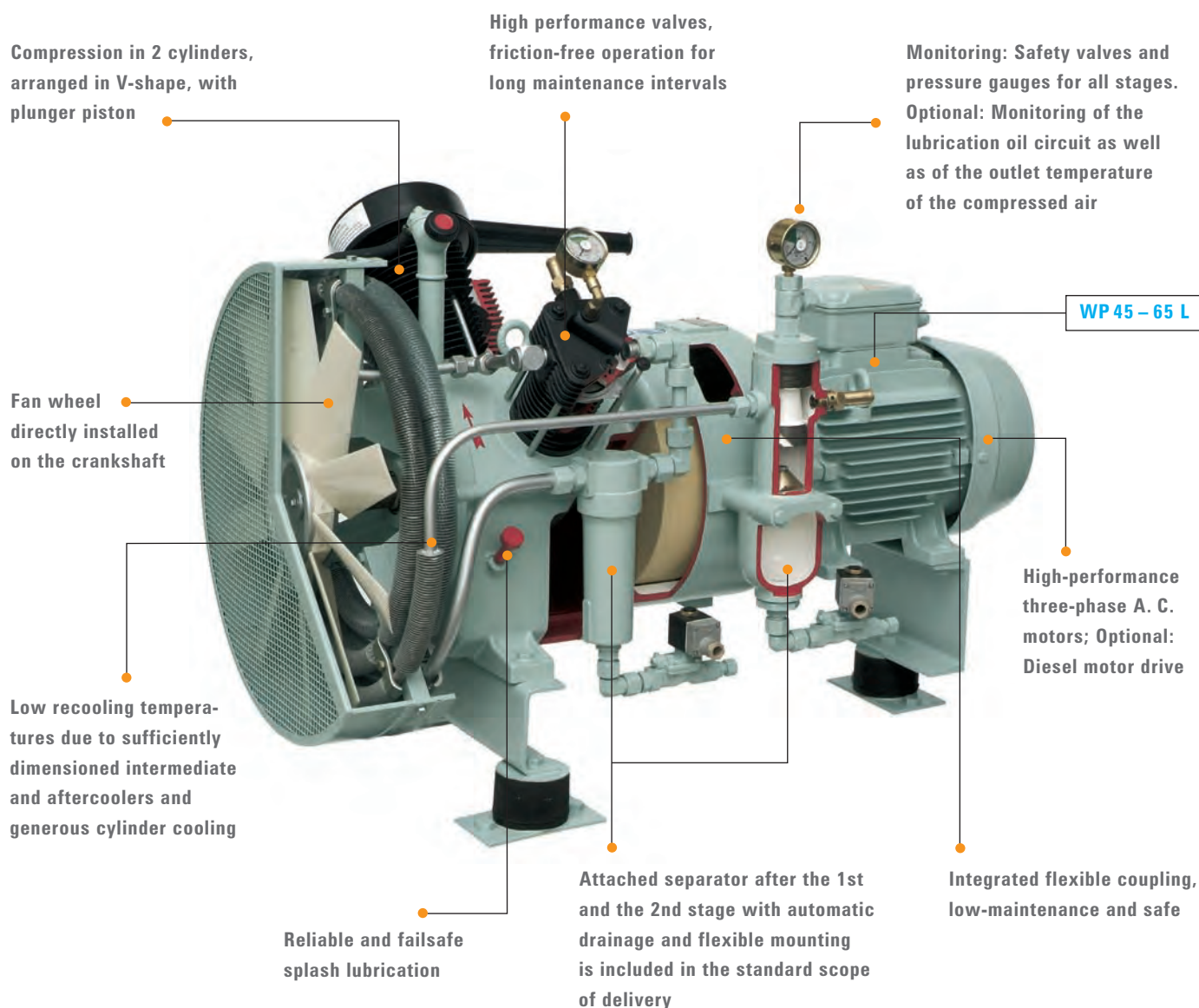
Weights and dimensions for standard units with three-phase A. C. motor, IP 54, and flexible mounting.

H 25 is also available with 30 and 63 l vessel.



Dependable Compressors!

4 | 5



General advantages

- Low installation due to absence of cooling water circuit
- Light-weight and less space required for installation
- Reliable and safe to operate, even at ambient temperatures up to 60°C
- Suitable for even the most difficult ambient conditions



low maintenance 3-stage air-cooled starting-air

Sauer Compressors for Shipping

The reliable workhorse: Air-cooled compressors have been preferred for a long time by shipyards and ship-owners due to

- easy installation
- missing cooling water circuit and
- easy maintenance

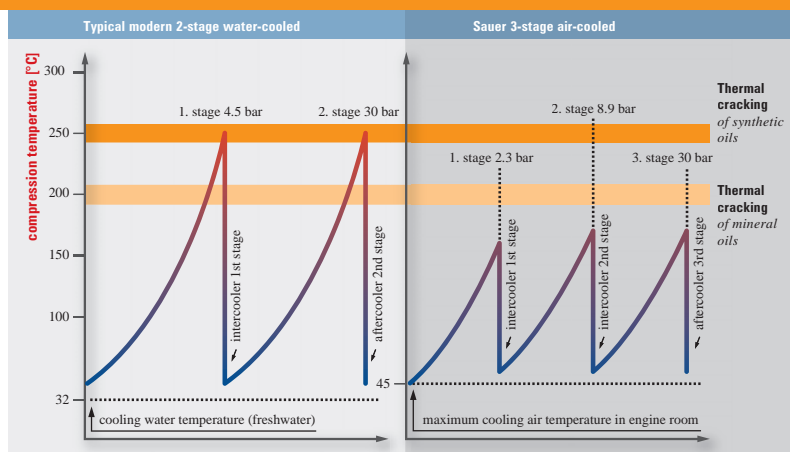
In order to be able to use the advantageous air-cooling also for higher capacities, the idea to use 3-stage air-cooled starting air compressors set off in the beginning of the 70s. It was developed together with German ship-owners who systematically investigated costs saving potential.

By the partition of the total compression into 3 stages and 3 cylinders the general advantages of air-cooled compressors could also be used for compressor capacities above 80 m³/h or 15 kW respectively. The reasons:

- The total heat to be dissipated was divided up into 3 and not only 2 stages
- The heat dissipating surface was increased at constant heat generating volume
- The temperature rise during compression was reduced due to lower stage pressure ratio

If you require references please do not hesitate to contact us at sales@sauersohn.de

Sauer – dependable compressors.



Temperature rise of air during compression

Technical Data

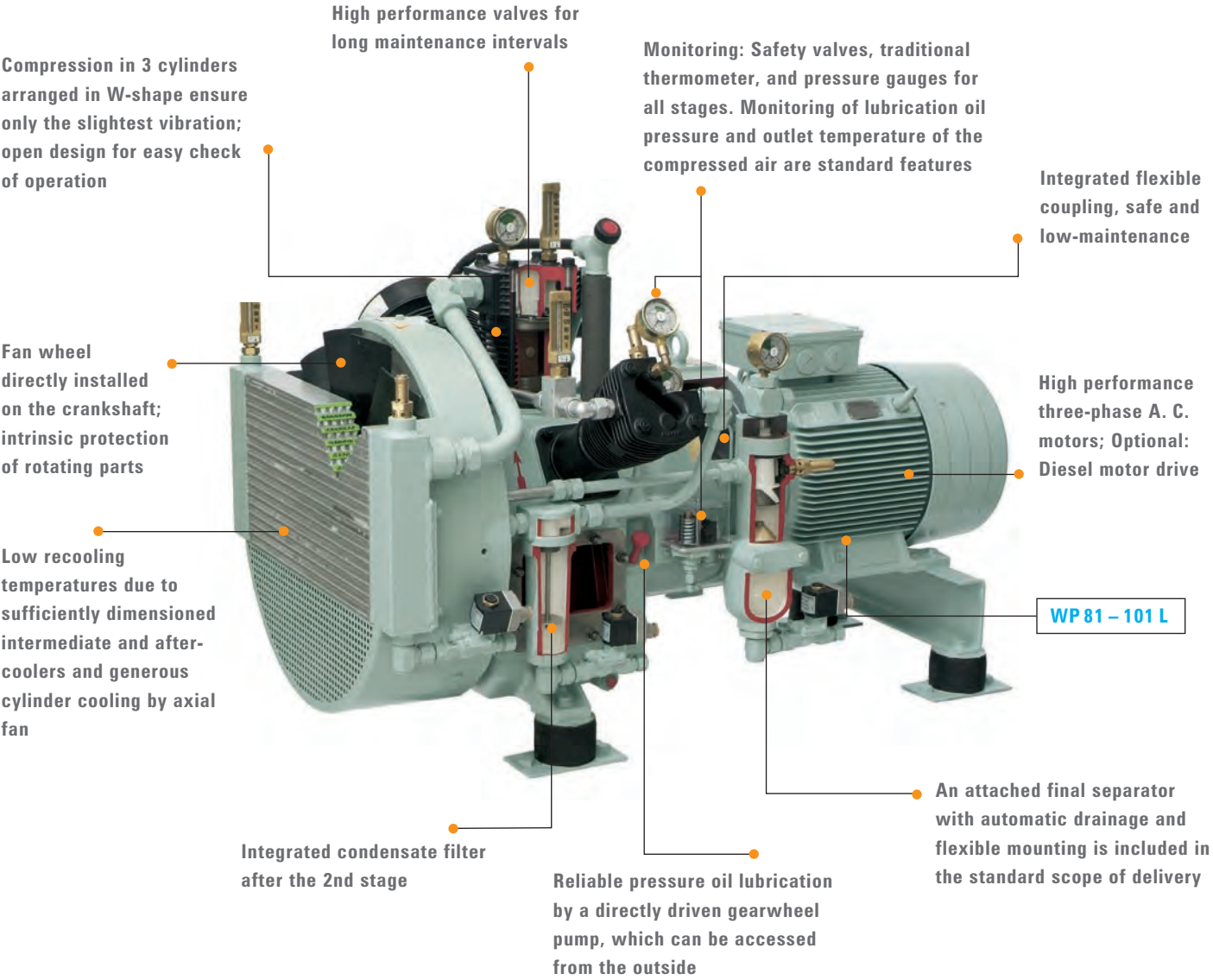
low maintenance 3-stage air-cooled starting-air compressors									Dimensions		
Type	Final pressure max. bar	Stages	Cylinder	Speed rpm	Technical Data for a final pressure of 30 bar				Length mm	Width mm	Height mm
					Charging Capacity m³/h	Power consumption kW	Heat Dissipation kJ/sec	Weight kg			
WP 81 L	40	3	3	1170	67	13,0	17	440	1345	945	900
				1470	85	15,6	21				
				1770	102	19,6	24				
WP 101 L	40	3	3	1170	82	16,0	20	440	1345	945	900
				1470	105	20,0	25				
				1770	125	24,4	29				
WP 121 L	40	3	3	1170	104	19,0	29	655	1565	960	955
				1470	134	25,3	34				
				1770	157	31,1	39				
WP 151 L	40	3	3	1170	124	23,0	29	700	1565	960	955
				1470	156	30,0	41				
				1770	183	38,0	48				
WP 271 L	40	3	4	1170	184	34,5	39	940	1765	1068	1097
				1470	233	43,0	50				
				1770	280	51,5	59				
WP 311 L	40	3	4	1170	252	41,3	48	1075	1835	1068	1097
				1470	315	56,3	80				
				1770	365	70,6	96				

Performance data with 5% tolerance, referred to 20 °C and an air pressure of 1013 mbar.

Charging Capacity according to ship building regulations.

Performance data on final pressure deviating from 30 bar upon request.

Weights and dimensions for standard units with three-phase A. C. motor, IP 54, and flexible mounting.



General advantages

- Lowest compression temperatures due to division of the pressure ratio into 3 stages.
- Better air quality due to mounted separator after each stage.
- Reduced installation costs for the yard up to 7.500 USD per ship.
- Reduced maintenance costs for the shipowner.
- Standard warranty period of 24 months.
- Suitable for standard mineral oil SAE 30.
- Operation of compressors independent from central CW system.
- High reliability due to missing cooling water system.



For more details contact
sales@sauersohn.de





2-stage water-cooled starting-air compressors

Sauer Compressors for Shipping

Towards the middle of the 90s, Sauer & Sohn developed a new range of 2-stage water-cooled compressors for use in shipping. With the cylinders arranged in V-shape and advanced competitive design features, we are able to offer a range of low maintenance and reliable range of this traditional design.

The 2-stage water-cooled starting air compressors produced by Sauer & Sohn are part of an international shipbuilding standard. More than a thousand of these dependable compressors are delivered to our customers every year.

If you require references, please do not hesitate to contact us at sales@sauersohn.de

Sauer – dependable compressors.

Technical Data

2-stage water-cooled starting air compressors											
Type	Final pressure max. bar	Stages	Cylinder	Speed rpm	Technical Data for a final pressure of 30 bar				Dimensions		
					Charging Capacity m ³ /h	Power consumption kW	CW-Requirement l/min	Weight kg	Length mm	Width mm	Height mm
WP 100	30	2	2	1170	82	15,9	23	500	1340	700	850
				1470	101	19,5	29				
				1770	122	23,6	35				
WP 200	30	2	2	1170	142	26,0	35	770	1459	1025	886
				1470	178	33,7	49	800	1695		
				1770	206	39,6	57	800	1695		
WP 240	30	2	2	1170	172	32,1	47	850	1535	1025	886
				1470	207	40,9	60				
				1770	250	48,8	69				
WP 400	30	2	3	1170	306	52,2	69	1350	1810	1165	1095
				1470	380	72,5	100				
				1770	457	81,5	116				

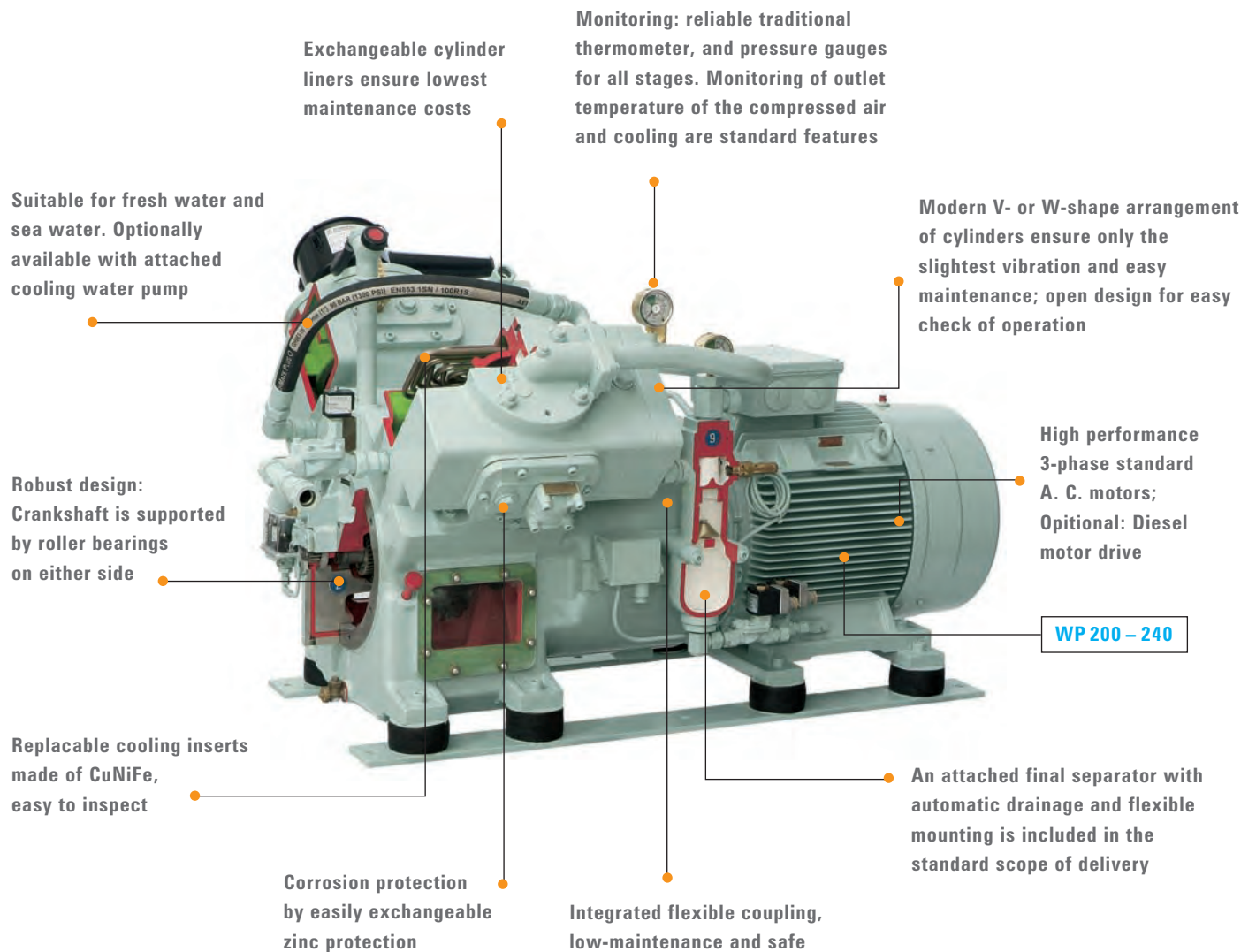
Performance data with 5% tolerance, referred to 20° C and an air pressure of 1013 mbar.

Charging Capacity according to shipbuilding regulations.

Performance data on final pressure deviating from 30 bar upon request.

Weights and dimensions for standard units with three-phase A. C. motor, IP 54, and flexible mounting.

Cooling water requirement referred to a $\Delta t = 10 \text{ K}$



General advantages

- Low vibration
- Exchangeable cylinder liner
- Exchangeable cooler inserts
- Short stroke machine for compact dimensions and low vibrations
- Pressure oil lubrication for WP 200, WP 240 and WP 400
- Easy access to all maintenance and operation points



Control- and working-air compressors

Sauer Compressors for Shipping

Technical Data

Screw-type compressor, air-cooled										
Type	Version	Final pressure max. bar	Motor U/min	Technical Data for a final pressure of 8 bar				Dimensions		
				Capacity* m³/h	Power consumption kW	Heat Dissipation kJ/sec	Weight kg	Length mm	Width mm	Height mm
SC 15	MA 50	12	2920	80	10,5	11,6	220	945	605	900
	MA 60		3520	90	12,7	14,0				
SC 22	MA 50	12	2920	110	13,2	14,5	235	1010	605	900
	MA 60		3520	130	15,9	17,5				
SC 26	MA 50	12	2930	150	16,4	17,6	450	1270	795	1170
	MA 60		3530	170	19,2	21,1				
SC 31	MA 50	12	2940	170	18,7	20,0	485	1270	795	1170
	MA 60		3540	200	22,5	24,8				
SC 42	MA 50	12	2960	235	28,6	31,5	580	1270	795	1170
	MA 60		3550	270	34,3	37,8				
SC 52	MA 50	12	2980	280	33,4	36,7	595	1270	795	1170
	MA 60		3555	310	40,0	44,0				
SC 61	MA 50	12	2965	390	41,4	44,4	900	1520	850	1355
	MA 60		3565	420	50,0	55,0				
SC 76	MA 50	12	2960	460	49,5	54,5	1000	1610	850	1355
	MA 60		3565	520	59,5	65,5				

Piston compressor, air-cooled											
Type	Final pressure max. bar	Stages	Cylinder	Speed rpm	Technical Data for a final pressure of 8 bar			Weight kg	Dimensions		
					Charging Capacity m³/h	Power consumption kW	Heat Dissipation kJ/sec		Length mm	Width mm	Height mm
WP 33 L	10	2	2	1170	28	4,5	6	145	890	600	630
				1470	35	5,5	9				
				1770	42	6,5	10				
WP 65 L	10	2	2	1170	58	8,5	15	328	1254	742	820
				1470	72	11,0	17				
				1770	87	13,0	20				
WP 146 L	10	2	2	1170	120	17,0	20	690	1415	869	877
				1470	152	21,0	25				
				1770	182	25,0	29				
WP 226 L	10	2	3	1170	238	23,2	39	720	1720	1028	1014
				1470	287	31,8	50				
				1770	345	39,2	58				

Control and working air											
Type	Final pressure max. bar	Stages	Cylinder	Speed rpm	Technical Data for a final pressure of 8 bar			Weight kg	Dimensions		
					Charging Capacity m³/h	Power consumption kW	CW-Requirement l/min		Length mm	Width mm	Height mm
WP 100	12	2	2	1170	88	14,3	23	500	1340	700	850
				1470	108	17,6	29				
				1770	125	21,3	35				
WP 200	12	2	2	1170	151	23,4	35	770	1459	1025	886
				1470	186	30,3	49				
				1770	221	35,6	57				
WP 240	12	2	2	1170	184	28,9	47	850	1535	1025	886
				1470	221	36,8	60				
				1770	267	43,9	69				
WP 400	12	2	3	1170	328	47,0	69	1350	1818	1165	1095
				1470	406	65,3	100				
				1770	468	73,4	116				



SC 31

Screw-type compressors, unlike oscillating reciprocating compressors, compress air in rotating screws, and operate without valves.

Sauer Screw-type compressors offer much more than industry compressors since they are the synthesis of thousands of industry compressors and of our fundamental knowledge of the requirements of international shipping. The particular design features of Sauer's screw-type compressors ensure trouble-free operation on the seven seas.



WP 226 L

As an **alternative** to the screw-type compressor, Sauer is able to deliver **reciprocating piston-type compressors** based on the well-known range of starting air compressors. Compared with screw-type compressors, these types are more suitable for shorter operation intervals due to their lower energy consumption as they are start-stop controlled.

The distinct advantages of piston compressors are the standardised parts and the similarity in terms of design with air-cooled starting air compressors. If you choose your ship compressors carefully, your starting, control and working air compressors will all have the same wearing parts.



WP 200 - 240

Our Recommendation

Sauer delivers both types of compressors. For requirements under 100 m³/h, we recommend that you use piston compressors and for performance requirements over 300 m³/h, we recommend screw compressors. For the 100 m³/h to 300 m³/h range we also recommend screw compressors, provided that the annual operation time is greater than 4,000 hours.

For more information or references please do not hesitate to contact us at sales@sauersohn.de

Sauer – dependable control and working air compressors of any type.

Performance data with 5% tolerance, referred to 20° C and an air pressure of 1013 mbar.

Capacity of screw-type compressors according to DIN-ISO 1945.

Weights and dimensions for standard units with three-phase A. C. motor, IP 54, and flexible mounting.

Water-cooled screw-type compressors upon request.

** Larger capacity up to 2000 m³/h or capacity for other final pressures upon request.*

Your local agent:

J.P. Sauer & Sohn Maschinenbau GmbH
Postfach 92 13, 24157 Kiel/Germany

TELEFON + 49 431/39 40-0
TELEFAX + 49 431/39 40-24
E-MAIL info@sauersohn.de
WEB www.sauercompressors.com

We reserve the right to make technical changes without prior notice.
Please visit www.sauercompressors.com for the latest version of the brochure.

08/2012 [suw | s+k], pictures: Dietmar Hasenpusch, Stena, 1ShootPhoto – Fotolia.com, Renard, suw



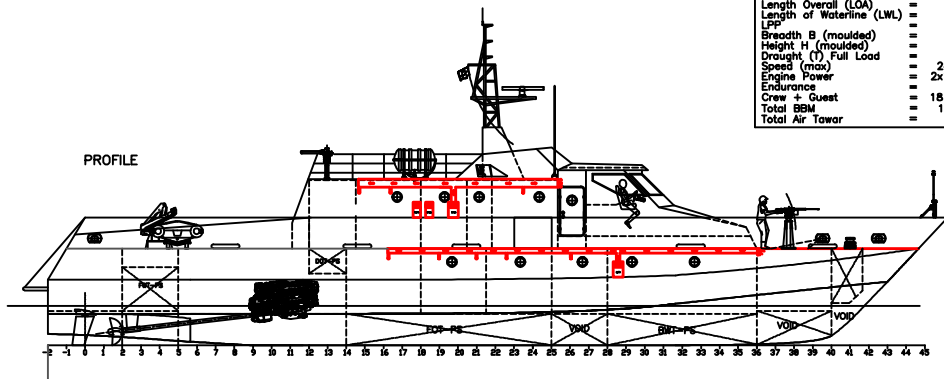
Dependable Compressors!

DUCTING CENTRAL COOLING SYSTEM

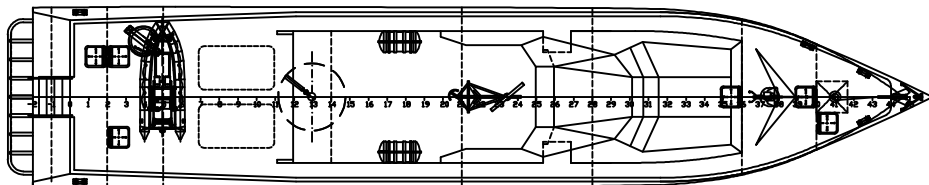
PRINCIPLE DIMENSION

Length Overall (LOA)	=	28.90 M
Length of Waterline (LWL)	=	26.25 M
LPP	=	25.05 M
Height B (moulded)	=	5.80 M
Height H (moulded)	=	3.10 M
Draught (D) Full Load	=	1.25 M
Speed (max)	=	24 KNOTS
Engine Power	=	2x1400 HP
Endurance	=	600 NM
Crew + Guest	=	18 Persons
Total BBM	=	15,000 Lt
Total Air Tawar	=	4000 Lt

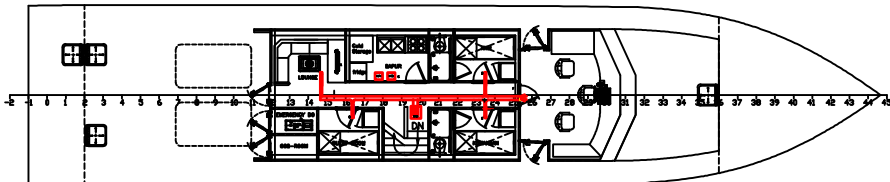
PROFILE



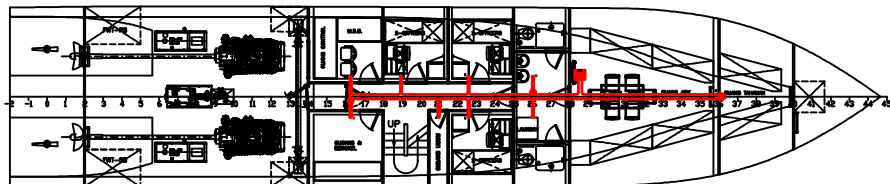
TOP VIEW



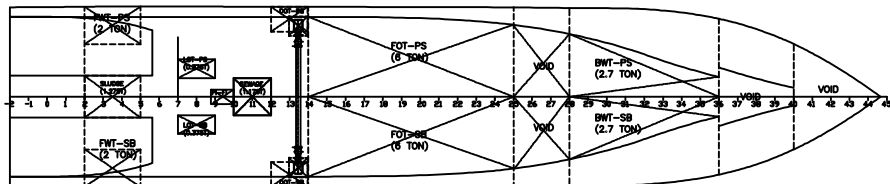
MAIN DECK



LOWER DECK



TANK LAYOUT

[illegible]

Size	Model	Motor (Fan)		CFM @ Static Pressure													
				0"		½"		1"		1½"		2"		2½"		3"	
		HP	RPM	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP
12	44-M-1260A-STAG2	¼	3450	2308	0.35	2035	0.46	1716	0.57	797	0.64	446	0.78				
	44-M-1260A-STAI03	¼	1725	1154	0.04	229	0.10										
16	44-M-1660A-STAIK2	¾	3500	5831	1.86	5609	2.08	5348	2.34	5056	2.65	4719	2.92	4277	3.11	3145	3.20
	44-M-1660A-STAIK3	¾	1725	2874	0.22	2304	0.35	1069	0.49								
18	44-M-1860A-STAIL2	5	3500	8155	2.59	7873	2.96	7505	3.33	7225	3.71	6837	4.09	6368	4.44	5649	4.68
	44-M-1860A-STAIK3	¾	1725	4019	0.31	3345	0.50	1496	0.64	829	0.81						
	44-M-1860A-STAIK4	¾	1140	2656	0.09	620	0.20										
24	44-M-2460A-STAIK3	3	1760	9126	1.20	8346	1.72	7433	2.17	4690	2.57	3126	2.96	2265	3.37		
	44-M-2460A-STAIH4	1	1150	5963	0.24	4592	0.65	1644	0.90								
28	44-M-2860A-STAIL3	5	1750	14559	2.67	13653	3.64	12662	4.12	11438	4.70	8359	5.11	6408	5.69		
	44-M-2860A-STAIH4	2	1160	9650	0.84	8193	1.24	4587	1.56	2774	2.05						
32	44-M-3260A-STAIK3	10	1765	21884	5.22	20730	6.49	19622	7.66	18510	8.74	17135	9.69	14768	10.19	10179	10.96
	44-M-3260A-STAIK4	3	1160	14382	1.48	12671	2.27	10544	2.84	5776	3.42						
36	44-M-3660A-STAIK3	20	1765	30514	8.85	29466	10.36	28311	11.94	27000	13.68	25523	15.25	23872	16.45	21597	17.38
	44-M-3660A-STAIL4	5	1160	20055	2.51	18246	3.54	16109	4.55	10745	5.12						
40	44-M-4060A-STAIK3	30	1780	42443	17.48	41207	19.87	39910	21.96	38581	23.59	37170	24.89	35627	26.25	33856	28.09
	44-M-4060A-STAIK4	10	1180	28137	5.09	26220	6.55	24094	7.45	21324	8.68	14055	9.21	11417	10.67		
	44-M-4060A-STAIL5	5	870	20745	2.04	18034	2.93	11846	3.63	7445	4.57	4340	5.63				
44	44-M-4460A-STAIK3	40	1775	55468	27.19	54295	30.25	53047	33.25	51704	36.19	50226	39.08	48605	41.84	46821	44.34
	44-M-4460A-STAIK4	15	1180	36875	7.99	35037	10.00	32836	11.92	30128	13.48	26524	14.24	18660	15.20	15648	17.12
	44-M-4460A-STAIK5	7½	870	27187	3.20	24494	4.66	20574	5.67	12440	6.48	9053	7.86				
48	44-M-4860A-STAIK3	75	1780	71914	42.08	70645	46.04	69310	49.95	67897	53.79	66379	57.59	64734	61.31	62955	64.86
	44-M-4860A-STAIK4	20	1175	47471	12.10	45483	14.70	43187	17.20	40434	19.50	37172	21.06	31737	21.88		
	44-M-4860A-STAIK5	10	870	35149	4.91	32299	6.81	28430	8.36	19840	9.03	14446	10.77				
54	44-M-5460A-STAIK4	40	1180	67531	21.90	65337	25.60	62907	29.20	60116	32.69	56899	35.79	53234	37.95	48480	39.34
	44-M-5460A-STAIK5	20	870	49790	8.78	46684	11.47	42747	13.98	37641	15.54	25773	16.65	20646	19.12	16529	21.57
	44-M-5460A-STAIK6	10	690	39488	4.38	35284	6.48	28961	7.83	17127	9.23	11997	11.20				
60	44-M-6060A-STAIK4	60	1175	91864	36.37	89440	41.42	86815	46.35	83903	51.19	80629	55.80	76957	59.83	72873	62.77
	44-M-6060A-STAIK5	30	870	68018	14.76	64635	18.47	60585	22.01	55603	24.89	49006	26.50	34501	28.06	28913	31.60
	44-M-6060A-STAIK6	20	690	53946	7.37	49451	10.27	43301	12.61	29275	13.67	21648	16.41	15995	19.04	11516	22.24

Halaman ini sengaja dikosongkan



Penulis dilahirkan di Pekalongan pada tanggal 8 Agustus 1991, anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 2 Blimbing, SMPN 1 Boja dan SMAN 1 Boja, Kendal, Jawa Tengah. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan di Universitas Diponegoro dan lulus pada tahun 2013. Pada Februari 2014 penulis melanjutkan studi S1 jurusan Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan-ITS dengan mengambil bidang studi ilmu pada *Marine Manufacture and Design (MMD)*. Selama perkuliahan penulis aktif dalam bekerja pada beberapa perusahaan *mechanical* dan manufaktur yang berada di Surabaya. Serta penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan, baik yang diselenggarakan oleh pihak dari Jurusan Teknik Sistem Perkapalan maupun dari luar kampus.

Denny Indracahya
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
dennyindracahya@yahoo.co.id